PGS. TS. NGUYỄN HỮU ĐẨU
KS. PHAN HIỆP

# PHƯƠNG PHÁP OSTERBERG

# ĐÁNH GIÁ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC KHOAN NHỒI - BARRETTE

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

PGS. TS. NGUYỄN HỮU ĐẨU
KS. PHAN HIỆP

# PHƯƠNG PHÁP OSTERBERG

## ĐÁNH GIÁ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC KHOAN NHỒI - BARRETTE

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2004

# LỜI NÓI ĐẦU

*Do yêu cầu quản lý chất lượng và hạ giá thành xây dựng công trình nên việc đánh giá sức chịu tải của cọc khoan nhồi, cọc barrette có sức chịu tải lớn rất thường xuyên, công việc này thường gặp khó khăn về mặt bằng, tiến độ thi công và đặc biệt là giá thành cao. Việc tìm kiếm những công nghệ mới tin cậy với giá thành hợp lý đang là vấn đề bức xúc trong xây dựng nền móng ở nước ta.*

*Trong cuốn sách này trình bày kết quả nghiên cứu và các ứng dụng thực tế về công nghệ thử tải trọng tĩnh cho cọc khoan nhồi và cọc barrette đường kính lớn theo phương pháp hộp tải trọng Osterberg ở nước ngoài cũng như trong nước.*

*Nội dung sách chủ yếu là kết quả nghiên cứu của đề tài: "Nghiên cứu ứng dụng phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg để đánh giá sức chịu tải của cọc khoan nhồi và cọc barrette cho các công trình cao tầng ở Hà Nội" Mã số: 01C04/06-2003-1 do các tác giả làm đồng chủ nhiệm đề tài, cơ quan chủ trì là Viện Kỹ thuật xây dựng Sở Xây dựng Hà Nội và cơ quan tham gia là Trung tâm tư vấn thiết kế và chuyển giao công nghệ-Viện Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải. Tuy nhiên nội dung sách trình bày đã được mở rộng và có thể áp dụng cho các công trình hạ tầng không chỉ ở Hà Nội. Hy vọng các kết quả này tuy còn dựa chủ yếu vào kinh nghiệm nước ngoài vì chưa có nhiều ứng dụng thực tế của phương pháp Osterberg ở Việt Nam, nhưng do khả năng áp dụng rộng rãi ở nước ta trong thời gian tới, nên chắc chắn sẽ hữu ích cho các kỹ sư có liên quan đến vấn đề này.*

*Các tác giả xin chân thành cảm ơn các bạn đồng nghiệp ở Viện Kỹ thuật Xây dựng Hà Nội, Viện Khoa học Công nghệ GTVT và Công ty cổ phần Tư vấn và Xây dựng công trình Việt Anh đã giúp đỡ trong việc hoàn thành đề tài cũng như cuốn sách này.*

*Các tác giả mong nhận được sự quan tâm và góp ý của các bạn đồng nghiệp.*

**Các tác giả**

# MỞ ĐẦU

## 1. Tình hình nghiên cứu, ứng dụng trong và ngoài nước

Tại các nước phương Tây phương pháp thử tải trọng cọc bằng hộp tải trọng Osterberg được ứng dụng từ những năm 70 của thế kỷ trước và đã được đưa vào tiêu chuẩn của nhiều nước phát triển. Ưu điểm của phương pháp này là có thể thử tải trọng tĩnh tới tải trọng lên đến nhiều nghìn tấn với giá thành hợp lý, không đòi hỏi mặt bằng và không gian chất tải lớn như các phương pháp thử tải tĩnh truyền thống.

Nguyên tắc của phương pháp này là đặt tải trực tiếp ngay tại mũi hay thân cọc bằng thiết bị chuyên dụng được gọi là hộp tải trọng (HTT) Osterberg, khi đó sử dụng ngay tự trọng cọc và ma sát đất thành bên cọc làm đối trọng để tăng tải. Các hộp này được đặt sẵn trong thân cọc khi đổ bê tông cọc khoan nhồi hay cọc barette. Khi tăng tải tiến hành đo chuyển vị đầu cọc (như thông thường) và mũi cọc hay vị trí đặt hộp tải trọng. Xây dựng các quan hệ tải trọng- chuyển vị và xác định tải trọng phá hoại của cọc theo một số giả thiết.

Để xác định sức chịu tải của cọc trong phương pháp thử tải này nhiều nhà nghiên cứu đã đưa ra một số giả thiết chung quanh sức chịu tải cực hạn thân cọc và mũi cọc cho những điều kiện đất nền khác nhau. Hiện nay, tại các nước phát triển việc xây dựng tiêu chuẩn cho phương pháp thử này nói chung đều xoay quanh việc lựa chọn các giả thiết như vậy.

Tại Mỹ đã tiến hành thử tải của trụ cầu đến 17.000 tấn và hiện đã ứng dụng cho cả cọc đóng trong những chương trình nghiên cứu sự phát triển sức chịu tải theo thời gian.

Về mặt thương mại Công ty Mỹ LOADTEST độc quyền về thiết bị thí nghiệm trên và giá tương đối cao. Hiện nay, một số nước đã tự chế tạo theo nguyên lý trên và có sửa đổi để giảm giá thành tuy vẫn phải mua bản quyền của người Mỹ.

Tại Việt Nam: từ năm 1995 thí nghiệm này đã được thực hiện tại toà nhà VIETCOMBANK Hà Nội cho cọc barette với tải trọng thử 1200 tấn. Năm 1997 đã tiến hành cho các cọc khoan nhồi của cầu Mỹ Thuận với tải trọng thử lên đến $3 \times 1200 = 3600$ tấn. Đã tiến hành thí nghiệm cho 5 cọc D = 250 cm; L = 90 m đến 98 m. Có một cọc bố trí một tầng hộp tải trọng, các cọc còn lại bố trí hai tầng để xác định thành phần ma sát thành bên. Cả hai công trình trên đều do các tư vấn nước ngoài thực hiện.

Viện Khoa học công nghệ GTVT, Viện Kỹ thuật xây dựng Hà Nội và một số đơn vị nghiên cứu khác trong nước đã có những nghiên cứu bước đầu về cơ sở khoa học và trình tự công nghệ của phương pháp để ứng dụng trong điều kiện Việt Nam theo hướng làm chủ công nghệ thí nghiệm, xây dựng quy trình thực hiện và phương pháp luận khoa học để giải thích các kết quả thí nghiệm.

Hiện nay, nhu cầu xây dựng các công trình cao tầng ở Hà Nội rất lớn, các cọc barette và khoan nhồi đường kính lớn có sức chịu trên một ngàn tấn đang được áp dụng phổ biến, vì vậy việc xác định sức chịu tải của chúng là điều không thể tránh khỏi.

Như đã nói ở trên việc xác định sức chịu tải của các cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barette có sức chịu tải lớn đang là vấn đề thời sự của Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh cũng như của các công trình lớn khác trong cả nước. Chúng ta đã biết một số thí nghiệm của nước ngoài sử dụng phương pháp thử tải bằng HTT Osterberg tại Việt Nam và đã đến lúc chúng ta phải nghiên cứu để làm chủ công nghệ này và có được thêm một phương pháp đánh giá sức chịu tải tin cậy với giá thành hợp lý. Đến một giai đoạn nhất định tự chủ hoàn toàn thực hiện phương pháp này. Với nhiều đặc tính ưu việt, trong một số trường hợp cụ thể phương pháp này có thể thay thế cho phương pháp thử tải tĩnh truyền thống hiện đang được áp dụng phổ biến, rất tốn kém và mất rất nhiều thời gian chuẩn bị .

**2. Mục tiêu nghiên cứu**

- Nắm chắc cơ sở lý thuyết- khoa học, trình tự công nghệ của phương pháp và những vấn đề phải giải quyết để có khả năng ứng dụng công nghệ trên ở Hà Nội và nhiều thành phố khác.

- Dự thảo quy định phương pháp thử tải trọng tĩnh bằng HTT Osterberg cho cọc khoan nhồi và cọc barette cho các công trình cao tầng.

**3. Phương pháp nghiên cứu**

- Nghiên cứu các tài liệu tham khảo của nước ngoài về phương pháp thử tải bằng HTT Osterberg, đi sâu vào cơ sở lý thuyết, các giả thiết, các kinh nghiệm từ công trình thực tế áp dụng, đồng thời tham khảo kỹ hai công trình thực tế là cầu Mỹ Thuận và Công trình 27 Láng Hạ để thực hiện mục tiêu 1.

- Tham khảo kỹ quy trình công nghệ của Loadtest và quy trình thực hiện ở hai công trình ở Việt Nam để xây dựng dự thảo quy định phương pháp thử.

- Trong quá trình nghiên cứu còn một số vấn đề chưa được giải quyết đầy đủ thì nêu thành hướng tiếp tục nghiên cứu trong tương lai để hoàn chỉnh bản quy định và tích luỹ thêm sự hiểu biết về phương pháp khi vận dụng vào các công trình của Việt Nam.

Chương 1

# TỔNG QUAN VỀ ỨNG DỤNG CỌC KHOAN NHỒI, CỌC BARRETTE VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC

## 1.1. PHẠM VI ỨNG DỤNG

Cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barrett nếu xét về phương diện chịu tải trọng thì có một điểm giống nhau là có sức chịu tải trọng lớn, thường từ 500 tấn đến nhiều ngàn tấn.

Cọc khoan nhồi đường kính lớn trong thực tế thường được hiểu là có đường kính từ 1,0 m trở lên. Cọc barrett thường có chiều dầy từ 1,0 mét trở lên và chiều rộng thường từ 1,5 m trở lên. Chiều dài và hình dạng cọc phụ thuộc vào điều kiện địa chất và kết cấu của công trình bên trên cũng như khả năng, trình độ công nghệ thi công. Trong những năm gần đây, các công trình cao tầng ở Hà Nội thường sử dụng cọc khoan nhồi đường kính từ 1,0 ÷ 1,4 m và cọc barrette có kích thước 0,8 × 2,8 m, chiều dài từ 38 ÷ 48 m. Tại một số công trình đặc biệt đã sử dụng cọc có kích thước tiết diện và chiều dài lớn hơn: khi xây dựng móng cầu Việt Trì, đơn vị thi công đã sử dụng máy khoan vận hành ngược TRC-15 khoan tạo lỗ xuyên qua tầng đá gnai phong hoá để thi công cọc khoan nhồi đường kímh d = 1420 mm, với độ sâu trên 40 m; Tại công trình cầu dây văng Mỹ Thuận cũng đã sử dụng các cọc khoan nhồi đường kính tới 2,4 m và có độ sâu 90 đến 100 m để thi công móng của hai trụ tháp. Tuy nhiên, xét một cách toàn diện theo quan điểm tối ưu về kinh tế thì cọc khoan nhồi chỉ nên có đường kính đến 2,5 m và chiều dài dưới 100 m. Cọc barrett có kích thước dưới 2,0 × 3,0 m là kinh tế nhất. Trong phạm vi nghiên cứu ở đây thì chính các cọc đó được chọn làm mục tiêu nghiên cứu.

## 1.2. TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH ỨNG DỤNG, PHÁT TRIỂN CỌC KHOAN NHỒI VÀ CỌC BARRETTE Ở HÀ NỘI

### 1.2.1. Một số công trình nghiên cứu, thi công thử nghiệm cọc khoan nhồi ở Hà Nội

Ngay từ những năm 80 của thế kỷ trước nhiều nhà khoa học Việt Nam đã tiến hành thực nghiệm việc thi công cọc khoan nhồi. Công việc thi công thử nghiệm được thực hiện bằng các thiết bị không chuyên dùng, công tác tạo lỗ cọc được thực hiện bằng các mũi khoan guồng xoắn của của máy khoan thăm dò địa chất УГБ 50A do Liên Xô chế

tạo. Đường kính lỗ khoan thường sử dụng là 400 mm. Các hố khoan có thể được giữ ổn định thành vách bằng dung dịch sét thường dùng trong công tác khoan thăm dò. Các công đoạn thi công hạ lồng thép, đổ bê tông theo phương pháp vữa dâng cũng đã được thực hiện trong quy trình thi công cọc khoan nhồi.

Sau một số thử nghiệm ban đầu được đánh giá là thành công, quy trình thi công trên đã được áp dụng để thi công các cọc móng của công trình Trung tâm Thông tin khoa học tại phố Lý Thường Kiệt và một vài công trình khác. Trong những công trình thử nghiệm này, do phải thi công trong các điều kiện kỹ thuật bị hạn chế, thiếu các phương tiện kiểm tra và bằng các thiết bị không chuyên dùng nên tốc độ thi công rất chậm, chất lượng thi công nói chung và khả năng chịu tải của cọc không đảm bảo.

Mặc dù các kết quả thu được chưa đủ thuyết phục để có thể áp dụng vào thực tế sản xuất nhưng những gì rút ra được từ các thử nghiệm này cũng giúp những người công tác trong lĩnh vực xây dựng nền móng có được những bài học quý báu để vài năm sau đó đã nhanh chóng tiếp nhận và ứng dụng công nghệ thi công cọc khoan nhồi (với các thiết bị chuyên dụng của nước ngoài) vào việc xây dựng móng các công trình cao tầng tại Hà Nội.

### 1.2.2. Tình hình ứng dụng cọc khoan nhồi và cọc barrette trong xây dựng móng nhà cao tầng ở Hà Nội

Đến đầu thập niên 90 của thế kỷ trước, cùng với sự tăng trưởng mạnh mẽ trong lĩnh vực xây dựng, việc thiết kế, thi công cọc khoan nhồi đã được áp dụng để xây dựng móng các công trình ở Hà Nội. Từ đó đến nay cọc khoan nhồi và cọc barret đã trở thành giải pháp móng chủ yếu để xây dựng các công trình cao tầng tại các thành phố lớn , đặc biệt là tại Thành phố Hồ Chí Minh và Hà Nội. Có thể kể một số mốc đánh dấu bước phát triển của công nghệ thi công cọc khoan nhồi và cọc barett ở Hà Nội như sau:

- Công trình đầu tiên được ứng dụng cọc khoan nhồi tại Hà Nội là toà nhà Trung tâm Thương mại Quốc tế (CIT) được xây dựng tại 17 Ngô Quyền. Do đặc điểm là công trình được xây dựng trong một khu vực chật hẹp, liền kề với nhiều công trình cũ nên các tác giả thiết kế đã lựa chọn giải pháp móng cọc khoan nhồi. Toàn bộ móng gồm 68 cọc đường kính 1200 mm và 4 cọc đường kính 800 mm. Chiều sâu cọc là 45 m kể từ đáy đài và 50 m kể từ mặt đất thiên nhiên. Tải trọng thiết kế của cọc là 540 tấn. Kết quả thử tải trọng tĩnh cọc theo hai chu kỳ tới 100% và 150% tải trọng thiết kế đã đi đến kết luận cọc làm việc an toàn với tải trọng thiết kế.

- Sau công trình CIT, cọc khoan nhồi đã nhanh chóng được sử dụng để xây dựng hàng loạt công trình cao tầng ở Hà Nội: Công trình Hanoi Central Hotel- 44 Lý Thường Kiệt sử dụng cọc khoan nhồi đường kính 1000 mm, chiều sâu mũi cọc 36 m, khả năng chịu tải tính toán 300 tấn; Công trình SAS Royal Hotel Hanoi- Hồ Bảy Mẫu: Hai loại cọc đường kính 800 và 1200 mm với sức chịu tải thiết kế tương ứng là 185 tấn và 385 tấn đã được thiết kế dài 42-43 m, mũi cọc chôn sâu vào lớp cuội sỏi dầy 6 m; Công trình

Sakura Plaza Hotel - Đường Lê Duẩn: Hai cọc đầu tiên đường kính 800 và 1200 mm đã được thi công tới độ sâu 40,2 m; mũi cọc đặt trong lớp cát chặt.

- Tới cuối những năm 90 móng của hàng loạt công trình tại Hà Nội cũng đã được xây dựng bằng cọc khoan nhồi. Tới đây, công nghệ thi công cọc khoan nhồi đã trở thành phổ biến, không chỉ các nhà thầu nước ngoài mà ngay cả một số nhà thầu Việt Nam cũng có đủ thiết bị và năng lực để thi công các cọc khoan nhồi đường kính lớn, có sức chịu tải từ vài trăm đến xấp xỉ một ngàn tấn.

- Phải đến năm 1995, 1996 cọc barrette mới được ứng dụng lần đầu tiên ở Hà Nội. Tại công trình cao 15 tầng Rose Garden Apartment - Số 6 Phố Ngọc Khánh các cọc barrette có kích thước 600 × 3000 mm sâu 36 m được thi công nối tiếp nhau tạo thành tường vây chắn đất phục vụ cho việc thi công đài móng và tầng hầm; Một số cọc khác có kích thước 800 × 3000 mm sâu 36 m đã được sử dụng để làm cọc móng của toà nhà .

Tại toà nhà Vietcombank - số 198 Trần Quang Khải các cọc barrette có kích thước 800 × 2800 mm, sâu 55 m đã được thi công để làm móng cho công trình; Một số cọc khác có chiều sâu nhỏ hơn được sử dụng làm tường vây cho các tầng hầm. Hai trong số các cọc móng đã được thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg.

Từ đầu năm 2000 đến nay nhu cầu thiết kế, thi công các cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barrette cho móng của các công trình cao tầng tại Hà Nội ngày càng lớn. Cho đến nay đã có hàng chục công trình sử dụng cọc khoan nhồi đường kính từ 1200 ÷ 1500 mm và cọc barrette có tiết diện ≥ $2m^2$, mũi cọc đặt sâu vào trong lớp cuội sỏi từ 1 ÷ 2 m, khả năng chịu tải được dự tính từ 800 ÷ 2000 tấn: Công trình nhà ở tiêu chuẩn cao kết hợp dịch vụ văn phòng tại 27 Láng Hạ, Tổ hợp nhà ở tiêu chuẩn cao 25 Láng Hạ, khách sạn Hoàn Kiếm, Công ty thương mại và dịch vụ văn phòng 114 Mai Hắc Đế, Trung tâm giao dịch công nghệ thông tin thành phố K1 Hào Nam ...

## 1.3. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC KHOAN NHỒI VÀ CỌC BARRETTE

### 1.3.1. Nhóm tính toán lý thuyết

Trong tính toán sức chịu tải của cọc, một cách tổng quát người ta phân khả năng chịu tải của cọc ra hai thành phần là sức chống mũi cọc và ma sát thành bên. Các tính toán được tiến hành ở mức tới hạn thường được gọi là "phá hoại" với công thức:

$$R_u = Q_s + Q_p$$

Trong đó:

$R_u$: Sức chịu tải tới hạn của cọc

Qs : Sức chịu tải tới hạn do ma sát bên của cọc

$Q_p$: Sức chống tại mũi cọc tới hạn

Sức chịu tải tính toán sẽ được xác định từ sức chịu tải tới hạn chia cho hệ số an toàn.

Bài toán lý thuyết tính toán các thành phần của sức chịu tải trên là nghiên cứu sự xuyên sâu một mũi nhọn trong môi trường bán vô hạn. Điều này đã được nhiều tác giả nghiên cứu và đã đi đến những kết luận về khả năng chống tại mũi xuyên phụ thuộc chủ yếu vào các yếu tố: hình dáng và kích thước mũi cọc, độ sâu xuyên, các đặc tính về sức kháng cắt và kháng nén của môi trường nền.

Bài toán dự tính khả năng chịu tải của cọc đi vào cụ thể là tính toán giá trị đơn vị của lực chống mũi cọc và ma sát thành bên. Các giá trị này được xác định từ các phương pháp thí nghiệm và khảo sát đất nền khác nhau: Thí nghiệm trong phòng, thí nghiệm xuyên tĩnh (CPT), xuyên tiêu chuẩn (SPT), nén ngang trong hố khoan... Cũng chính vì thế, từ các đặc trưng và phương pháp thí nghiệm khác nhau cũng cho các giá trị của sức chịu tải tính theo lý thuyết rất phân tán với mức độ tin cậy khác nhau.

***1.3.1.1. Tính toán sức chịu tải của cọc căn cứ vào các kết quả thí nghiệm trong phòng***

Khi dự tính sức chịu tải của cọc dựa vào các kết quả thí nghiệm trong phòng, sức kháng đơn vị của lực mũi và ma sát thành bên là những đại lượng phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố: các đặc trưng (lực dính, góc nội ma sát...), trạng thái cuả đất và các hệ số của khả năng chịu tải là hàm số của góc nội ma sát, vật liệu thân cọc, phương pháp hạ cọc và thời gian nghỉ...

Ngoài những vấn đề liên quan đến khả năng lấy mẫu nguyên dạng và việc cung cấp các số liệu thí nghiệm trong phòng, phương pháp này còn vấp phải những khó khăn đặc biệt liên quan đến sức chống tại mũi cọc. Vì vậy, các kết quả tính toán khả năng chịu tải của cọc chỉ dựa vào các thí nghiệm trong phòng có độ chính xác kém và không được sử dụng.

***1.3.1.2. Tính toán sức chịu tải của cọc dựa trên các kết quả thí nghiệm kết hợp các giá trị kinh nghiệm***

Ở Việt Nam, theo kinh nghiệm của Nga còn sử dụng phương pháp dự tính sức chịu tải của cọc theo các bước sau:

Dựa vào các kết quả thí nghiệm xác định thành phần hạt và các tính chất cơ lý của đất trong phòng thí nghiệm để phân loại đất và đánh giá trạng thái của từng lớp đất trong nền.

Trên cơ sở phân loại đất, trạng thái của đất và độ sâu của lớp đất người ta ấn định (theo kinh nghiệm) những giá trị đơn vị của sức kháng mũi và ma sát thành bên .

Trong quy phạm Nga (SNiP 2.02.03- 85) và tiêu chuẩn ngành của Việt Nam (20 TCN-21-86) đã cho sẵn các giá trị của sức kháng mũi đơn vị và ma sát thành bên đơn vị để từ đó dự tính khả năng chịu tải chung của cọc. Mặc dù phương pháp tính toán dễ tiếp cận hơn với các điều kiện thực tế nhưng theo cách này, những giá trị của sức

kháng mũi và ma sát thành bên đã được ấn định sẵn mang tính áp đặt, xuất phát từ sự phân loại đất khá đơn giản. Vì vậy, hiện nay phương pháp này cũng chỉ được sử dụng để dự tính sức chịu tải và lựa chọn chiều dài của cọc trong bước thiết kế sơ bộ.

### *1.3.1.3. Tính toán sức chịu tải của cọc dựa trên các kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh tại hiện trường*

Xuyên tĩnh (CPT) là một thiết bị hữu ích được dùng để xác định sức chịu tải của cọc trong đất.

Các kết quả thí nghiệm xuyên được cung cấp dưới dạng các biểu đồ quan hệ sức kháng mũi $q_c$ - độ sâu.

Giá trị của sức kháng mũi đơn vị tới hạn của cọc $q_p$ được tính từ giá trị trung bình của $q_c$ trong một khoảng giới hạn trên và dưới mũi cọc một đoạn $l_1$ và $l_2$. Các giá trị của $l_1$ và $l_2$ được các tác giả đưa ra trong các nghiên cứu khác nhau (Van derWeer: 3,5d và 1,0d; Begmann: 1 ÷ 20d và 1 ÷ 3,5d... Với d là đường kính cọc).

Giá trị ma sát đơn vị $f_s$ có thể được xác định theo phương pháp trực tiếp hoặc tính từ sức kháng xuyên $q_c$

Các giá trị $q_p$ và $f_s$ cũng được nhiều tác giả đề nghị các trị giới hạn khác nhau. Trên cơ sở nghiên cứu hàng loạt các kết quả thí nghiệm cọc khoan nhồi đường kính lớn, Gwizdala(1984 ) kiến nghị sử dụng các hệ số $n_p$ và $n_s$ tương ứng với các giá trị $q_c$ cho các loại đất nền khác nhau.

Trong các tiêu chuẩn của Nga SNiP2 02.03.85; Pháp DTU 13.1 đều quy định các hệ số chuyển đổi tỷ mỷ hơn để tính toán cọc.

Dự tính sức chịu tải của cọc từ các kết quả xuyên tĩnh được đánh giá là một phương tiện hữu ích. Trong các nền đất mà ở đó việc đo lực kháng mũi xuyên có thể thực hiện thì xuyên tĩnh là dụng cụ tốt cho việc tính toán các móng sâu và trong thực tế phương pháp này đã được ứng dụng từ nhiều năm nay tại Việt Nam.

### *1.3.1.4. Tính toán sức chịu tải của cọc dựa trên các kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT*

Trong rất nhiều trường hợp, kết quả xuyên tiêu chuẩn (SPT) $N_{30}$ là các số liệu sẵn có tại hiện trường. Có thể sử dụng kết quả thí nghiệm này để xác định góc nội ma sát theo kiến nghị của Kisihida (1967); Ma sát đơn vị thành bên ($f_s$) của cọc cũng được xác định theo đề nghị của Decourt (1982) cho các loại đất hoặc của Gwizdala (1984) cho trường hợp thi công cọc khoan nhồi trong đất cát có và không sử dụng dung dịch betonit.

Trong nhiều năm của thập kỷ 90, từ khi cọc khoan nhồi được ứng dụng nhiều trong các công trình xây dựng nhà cao tầng ở Việt Nam, phương pháp tính toán sức chịu tải

của cọc khoan nhồi bằng kết quả xuyên CPT và SPT đã được sử dụng khá phổ biến trong bước khảo sát và thiết kế sơ bộ để dự tính khả năng chịu tải và dự tính chiều dài cọc thiết kế. Một số kết quả nghiên cứu của T.S Nguyễn Trường Tiến dựa trên kết quả thống kê sức chịu tải của cọc khoan nhồi (tính theo kết quả xuyên SPT) tại nhiều công trình cao tầng ở Hà Nội (Công trình CIT - Tràng Tiền, Hanoi Central Hotel, SAS Royal Hotel Hanoi, SAKURA PLAZA Hotel ... ) đã đi đến kết luận: kết quả xuyên tiêu chuẩn SPT có thể được dùng để dự tính sức chịu tải của móng cọc khoan nhồi. Trong một số trường hợp đã được biết ở Hà Nội thì kết quả dự tính là khá phù hợp với kết quả thử tải tĩnh.

### 1.3.2. Phương pháp thử tải động

Để xác định sức chịu tải thực tế của hệ cọc-đất nền, bên cạnh phương pháp thử tải tĩnh còn hay dùng phương pháp thử động truyền thống (Còn gọi là phương pháp tính toán từ những công thức đóng cọc) dựa trên các công thức động đơn giản là phương trình cân bằng năng lượng của búa đóng với công sinh ra để làm cọc thắng sức cản của đất và dịch chuyển vào đất. Mặc dù đã được bổ sung bằng nhiều công thức thực nghiệm nhưng đối với những công trình quy mô lớn, có tính chất quan trọng và trong những điều kiện nền phức tạp thì phương pháp thử động truyền thống không đáp ứng được các yêu cầu về an toàn và kinh tế. Do vậy đã nẩy sinh nhu cầu tìm phương pháp tiếp cận tin cậy và cho kết quả chính xác hơn khi đóng cọc nói chung và thử động nói riêng. Một phương pháp như vậy được ứng dụng là *Phương pháp phân tích truyền sóng ứng suất (thử động biến dạng lớn).*

Với các cọc khoan nhồi, thí nghiệm có thể được thực hiện sau khi cọc đã được "nghỉ" một khoảng thời gian theo quy định. Với một năng lượng tạo xung đủ lớn để gây được chuyển dịch của cọc vào đất trong mỗi lần không nhỏ hơn 3mm - đủ để huy động toàn bộ sức kháng của đất nền, nhờ hệ thống thiết bị phân tích đóng cọc (PDA), sự thay đổi của lực và gia tốc đầu cọc được ghi nhận. Việc tính toán, xử lý kết quả đo được thực hiện theo nguyên tắc lặp đúng dần bằng phần mềm CPWAPC. Sóng vận tốc và một tập hợp các số liệu về đất nền được sử dụng để tính toán sóng lực. Kết quả tính toán được so sánh với sóng lực đo được cho phép điều chỉnh các hệ số nền cho tới khi đạt được sự trùng hợp giữa kết quả tính toán với kết quả đo. Tập hợp các hệ số nền thoả mãn điều kiện trên được sử dụng để dự tính biểu đồ nén tĩnh cọc. Dự tính biểu đồ nén tĩnh cọc được so sánh với kết quả nén tĩnh cọc khi dự tính các sức kháng của cọc .

Các kết quả phân tích cho biết sức kháng mũi và phân bố ma sát thành bên cũng như một số thông số cần thiết khác về độ nguyên vẹn của cọc. Phương pháp này cũng có thể áp dụng rất hiệu quả cho cọc khoan nhồi và cọc barrett. Phương pháp này có chi phí thấp và dễ áp dụng nhưng do dựa vào một số giả thiết về sức cản động nên còn hạn chế về độ chính xác, khi sức chịu tải của cọc lớn trên ngàn tấn thì cũng bị hạn chế về điều kiện áp dụng.

### 1.3.3. Phương pháp thử tải tĩnh động (Statnamic)

Trong phương pháp này việc tạo tải trọng động trên đầu cọc được thực hiện bằng một động cơ nổ phản lực. Khi nổ tạo ra lực đẩy phản lực có thời gian đặt tải đủ dài trên 120 mili giây. Xây dựng đường cong quan hệ tải trọng chuyển vị và phân tích sự làm việc của cọc như trong thử tĩnh. Hiện nay phương pháp này đã được áp dụng rộng rãi để xác định sức chịu tải cho cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barrett ở các nước phát triển do có thể thử đến tải trọng hàng ngàn tấn nhưng gọn nhẹ và giá thành hợp lý, các phương pháp giải thích kết quả đơn giản, tin cậy cao hơn phương pháp thử động biến dạng lớn.

### 1.3.4. Phương pháp thử tải tĩnh truyền thống

Phương pháp thí nghiệm tải trọng tĩnh hiện nay được coi là phương pháp tin cậy nhất để xác định sức chịu tải của cọc do mô phỏng được gần nhất sự làm việc của cọc trong công trình.

Trong thí nghiệm chất tải truyền thống, thí nghiệm được tiến hành bằng phương pháp dùng tải trọng tĩnh ép dọc trục cọc theo một quy trình nhất định sao cho dưới tác dụng của lực ép, cọc chuyển vị (lún sâu thêm) vào đất nền. Tải trọng tác dụng lên đầu cọc được thực hiện bằng kích thuỷ lực với hệ phản lực là dàn chất tải, neo hoặc phối hợp cả hai.

Các số liệu về tải trọng, chuyển vị, biến dạng thu được trong quá trình thí nghiệm là cơ sở để xây dựng, trình bầy thí nghiệm với các sản phẩm sau:

- Bảng số liệu thí nghiệm
- Bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm
- Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị
- Biểu đồ quan hệ chuyển vị - thời gian của các cấp tải
- Biểu đồ quan hệ tải trọng - thời gian
- Biểu đồ quan hệ chuyển vị - tải trọng - thời gian

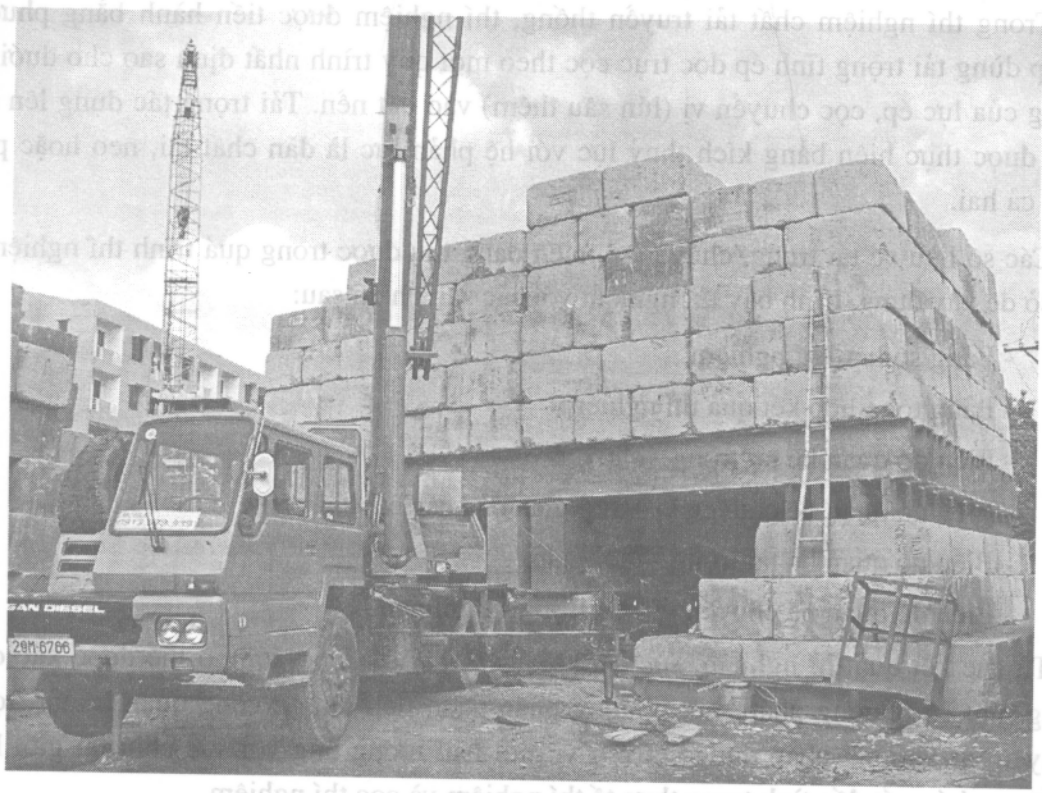
Từ các kết quả thí nghiệm, *sức chịu tải giới hạn* của cọc đơn có thể được xác định bằng một số phương pháp sau: phương pháp phân tích đường cong quan hệ tải trọng-chuyển vị; Phương pháp dùng chuyển vị giới hạn tương ứng với sức chịu tải giới hạn; Phương pháp xét đến tình trạng thực tế thí nghiệm và cọc thí nghiệm . . .

*Cuối cùng sức chịu tải cho phép của cọc đơn thẳng đứng được xác định bằng sức chịu tải giới hạn chia cho hệ số an toàn.*

Theo tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam *TCXDVN 269:2002- Cọc-phương pháp thí nghiệm bằng tải trọng ép dọc trục*, hệ số an toàn được tư vấn thiết kế quyết định cho

từng trường hợp cụ thể tuỳ thuộc vào mức độ quan trọng của công trình, điều kiện đất nền, phương pháp thí nghiệm và phương pháp xác định sức chịu tải giới hạn.

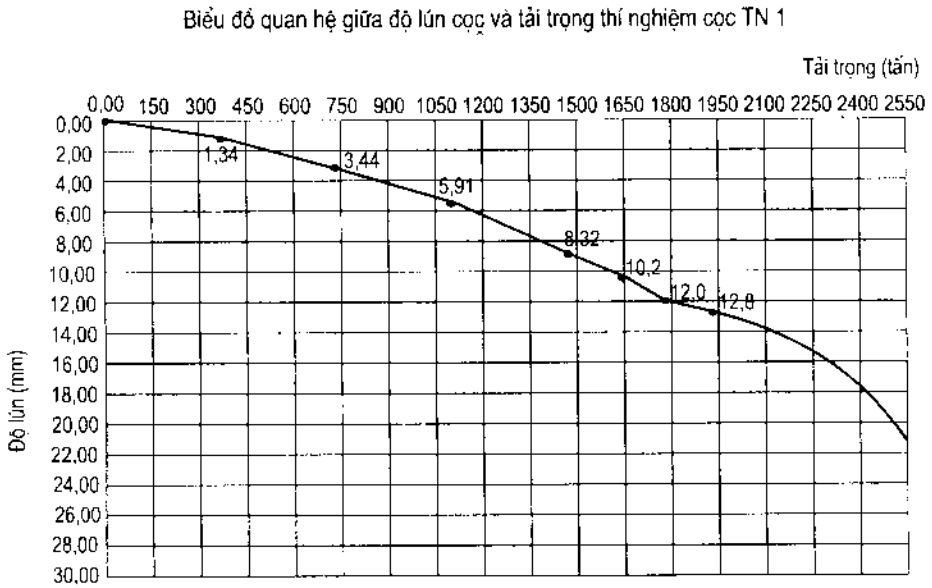
Mặc dù được xem là phương pháp tin cậy nhất để xác định sức chịu tải của cọc, phương pháp thí nghiệm truyền thống này vẫn có nhược điểm lớn là chi phí cao, thời gian chuẩn bị cho thí nghiệm kéo dài, đòi hỏi mặt bằng tương đối rộng, cản trở công tác thi công và trong một số trường hợp đặc biệt thì không thể thực hiện được (mặt bằng không đủ cho các hoạt động xếp, dỡ tải, tải trọng dùng cho thí nghiệm quá lớn, thí nghiệm đối với các cọc nghiêng, thí nghiệm trên địa hình sông nước...). Ngoài ra, phương pháp này chỉ xác định được sức chịu tải tổng cộng, không tách riêng được hai thành phần là sức kháng thành bên và sức kháng mũi. Trong giai đoạn lựa chọn chiều dài cọc thiết kế, trong những trường hợp điều kiện địa chất phức tạp thì phương pháp này cung cấp không đủ thông tin cho người thiết kế. Đặc biệt đối với cọc khoan nhồi và cọc barrette thì số liệu thí nghiệm thử tải tĩnh truyền thống không cung cấp được thông tin chi tiết về chất lượng thi công của cọc được thí nghiệm.



***Hình 1.1:*** *Chất tải tĩnh cọc theo phương pháp truyền thống công trình nhà cao tầng 25 Láng Hạ.*

*- Tải trọng thử 2500 tấn.*

*(Ảnh chụp tại thời điểm chất tải ≈ 1400 tấn)*




***Hình 1.2:*** *Kết quả thí nghiệm: đường cong tải trọng - chuyển vị vẽ tại hiện trường (Trong thí nghiệm chất tải tĩnh cọc khoan nhồi tại công trình 25 Láng Hạ)*

### 1.3.5. Phương pháp thử tải trọng tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg

#### *1.3.5.1. Tổng quát về phương pháp*

Nhằm khắc phục những nhược điểm của phương pháp thử tải tĩnh truyền thống, đầu những năm 1980, giáo sư người Mỹ Jorj O.Osterberg đã đưa ra một công nghệ nén tĩnh mới mà sau này mang tên ông là phương pháp thử tĩnh bằng hộp tải trọng (HTT) Osterberg. Cho đến nay phương pháp này đã được ứng dụng rộng rãi, được đưa vào các tiêu chuẩn kỹ thuật của nhiều nước. Ngay cả ở Việt Nam phương pháp này cũng đã được ứng dụng thành công để đánh giá sức chịu tải của cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barrette tại một số công trình: Cọc barrett kích thước 0,8 × 2,8 × 55 m cho móng công trình Vietcombank tại 198 Trần Quang Khải - Hà Nội; Cọc khoan nhồi đường kính 2,50 m cho trụ cầu dây văng Mỹ Thuận và mới đây là cọc barrette có tiết diện 1,0 × 2,8 m và 1,5 × 2,8 m của công trình nhà ở cao tầng 27 Láng Hạ.

#### *1.3.5.2. Nguyên lý của thí nghiệm*

Một kích thuỷ lực (Hộp tải trọng Osterberg - còn gọi là hộp O-Cell) được lắp đặt với lồng thép ở đáy hay ở thân cọc cùng với một hệ thống các ống dẫn thuỷ lực và các thanh đo trước khi đổ bê tông. Sau khi bê tông cọc đạt mác thiết kế người ta gia tải thí nghiệm bằng việc bơm chất lỏng để tạo áp lực trong kích. Với nguyên lý này, đối trọng dùng cho việc thử được tạo bởi chính trọng lượng bản thân cọc và sức kháng thành bên của cọc. Khi làm việc, kích tạo ra lực đẩy tác dụng vào thân cọc theo hướng ngược lên đồng thời

tạo lực ép xuống tại mũi cọc. Các chuyển vị lên của thân cọc và chuyển vị xuống của phần mũi cọc được các đồng hồ ghi lại tương ứng với mỗi thời điểm của quy trình gia tải. Thí nghiệm được xem là kết thúc khi đạt đến sức kháng ma sát bên giới hạn hoặc sức chống mũi giới hạn (cọc bị phá hoại ở thành hoặc ở mũi).

Kết quả thu được là các đường cong biểu thị quan hệ tải trọng-chuyển vị (lên và xuống) của đỉnh và mũi cọc. Từ kết quả đó, cùng với việc dựa vào một số giả thiết cơ bản người ta xây dựng được *biểu đồ quan hệ tải trọng-chuyển vị tương đương* như trong thử tĩnh truyền thống. Phương pháp thử bằng HTT Osterberg cho phép xác định được riêng rẽ hai thành phần sức kháng thành bên và sức kháng mũi cọc. Tuy nhiên các giả thiết về tiêu chuẩn phá hoại áp dụng riêng rẽ cho sức kháng thành bên và sức kháng mũi còn có những vấn đề phải nghiên cứu khi áp dụng trong thực tế.

### *1.3.5.3. Một số ưu điểm của phương pháp thí nghiệm bằng hộp tải trọng Osterberg*

Phương pháp thí nghiệm Osterberg có những ưu điểm so với phương pháp thí nghiệm nén tĩnh truyền thống ở các mặt sau:

- *Về kinh tế:* Mặc dù không lấy lại được hộp O-Cell, thí nghiệm Osterberg vẫn thường có giá thành thấp hơn so với thí nghiệm nén tĩnh truyền thống. Tiết kiệm được thể hiện thông qua các tiêu chí sau: giảm thời gian chuẩn bị và thực hiện thí nghiệm, không phải sử dụng hệ thống dầm, giá đỡ và đối trọng cho việc chất tải cũng như các phương tiện vận chuyển, xếp dỡ đối trọng. Thường thì giá thành của thí nghiệm Osterberg bằng khoảng 1/2 đến 2/3 giá thành của thí nghiệm nén tĩnh truyền thống. Tỷ lệ được giảm xuống khi tải trọng thí nghiệm tăng lên.

- *Tải trọng thử lớn*: Có thể thí nghiệm đến 17.000 tấn cho cả một trụ cầu (Trong khi phương pháp thử tải tĩnh truyền thống hầu như không thể thực hiện được với tải trọng thử lớn hơn 3.000 tấn).

- *Thành phần sức kháng bên và sức kháng mũi*: Thí nghiệm bằng HTT Osterberg cho phép tách riêng thành phần sức kháng thành bên và sức kháng mũi cọc. Điều đó còn giúp chúng ta xác định công nghệ thi công tạo cọc có ảnh hưởng bất lợi đến từng thành phần chịu tải như thế nào? Cho phép dự báo, đánh giá sự xáo động ở đáy cọc...

- *An toàn lao động tốt hơn:* Do năng lượng thí nghiệm được chôn sâu và không có dàn đối trọng ở phía trên.

- *Giảm thiểu không gian làm việc*: Không gian cần thiết để thực hiện thí nghiệm Osterberg nhỏ gọn hơn nhiều so với không gian yêu cầu cho hệ thống gia tải trong thí nghiệm nén tĩnh truyền thống.

- *Mục đích thí nghiệm khác*: Phụ thuộc vào số lượng và vị trí đặt HTT Osterberg, có thể nghiên cứu được ứng xử của cọc với đất nền sát với thực tế hơn. Có thể thí nghiệm nhằm xác định khả năng chịu kéo của cọc.

- *Quy trình thí nghiệm*: Với bất kỳ tải trọng thí nghiệm thích hợp và thời gian duy trì tải trọng nào đều có thể thực hiện được. Có thể thay đổi nhanh chóng chu kỳ tải trọng tác dụng.

- *Ảnh hưởng của từ biến:* Vì thí nghiệm Osterberg là thí nghiệm tĩnh và tải trọng thí nghiệm có thể duy trì trong bất cứ khoảng thời gian nào mong muốn, nên cũng có thể thu được những thông số riêng biệt về từ biến của các thành phần sức kháng bên và kháng mũi.

- *Tính ưu việt vượt trội*:

+ Chuẩn bị thí nghiệm và thí nghiệm nhanh và thuận tiện hơn.

+ Có thể tiến hành thí nghiệm trên địa hình sông nước, mặt bằng chật hẹp

+ Có thể tiến hành thí nghiệm cho nhiều loại cọc khác nhau: cọc mở rộng đáy, cọc nghiêng và ngay cả khi đầu cọc nằm dưới mặt đất tự nhiên.

+ Đường cong tải trọng - chuyển vị theo hướng lên và xuống có thể xem trên màn hình máy tính trong tiến trình thí nghiệm. Số liệu thí nghiệm được ghi chép tự động và lưu trong hộp thu nhận số liệu, tiện lợi cho việc xem xét và phân tích kết quả thí nghiệm.

+ Ứng suất lớn nhất gây ra trong bê tông cọc chỉ bằng 50% trong thí nghiệm nén tĩnh truyền thống.

***1.3.5.4. Một số hạn chế của phương pháp thí nghiệm bằng hộp tải trọng Osterberg***

Phương pháp thí nghiệm bằng HTT Osterberg cũng có một số hạn chế so với thí nghiệm nén tĩnh truyền thống, đó là:

- *Yêu cầu lắp đặt thiết bị trước:* Đối với cọc khoan nhồi, cọc barrette, kích O-Cell cần phải lắp đặt trước khi thi công bê tông cọc.

- *Yêu cầu cân bằng các thành phần của sức chịu tải*: Thí nghiệm Osterberg thường đạt tới tải trọng giới hạn chỉ một trong hai thành phần sức kháng của cọc, khi đó phải dừng thí nghiệm. Vì vậy, để sử dụng kích và tiến hành thí nghiệm có hiệu quả, đầu tiên cần phải phân tích, dự kiến các thành phần sức kháng để thiết kế vị trí đặt kích sao cho có thể trực tiếp thu được nhiều nhất các số liệu về cả hai thành phần sức kháng của cọc. Việc thí nghiệm bằng cách đặt kích ở nhiều cao trình có thể làm giảm nhẹ hạn chế nói trên.

- *Bỏ đi HTT Osterberg:* HTT Osterberg sau khi thí nghiệm bị bỏ đi vì không có cách nào lấy lại được. Tuy nhiên sau khi kết thúc thí nghiệm công việc bơm vữa xi măng vào kích và khe hở của hộp kích sẽ cho phép sử dụng lại cọc thí nghiệm như cọc chịu tải bình thường khác trong nền móng công trình.

- *Giải thích kết quả thí nghiệm dựa trên một số giả thiết gần đúng:* Do sơ đồ chất tải thí nghiệm không giống như làm việc thực tế của cọc nên khi giải thích kết quả đã dựa

theo một số giả thiết gần đúng để đưa về như một kết quả thử tĩnh truyền thống tương đương. Đây cũng là nhược điểm quan trọng nhất làm cho một số kỹ sư thiết kế còn e ngại khi áp dụng phương pháp này.

Với nhiều ưu điểm vượt trội như đã trình bầy, phương pháp thử tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg có thể được áp dụng để đánh giá sức chịu tải của các cọc khoan nhồi, cọc đóng bê tông đúc sẵn, cọc ống và các loại cọc khác được hạ bằng phương pháp khoan tạo lỗ ở trong đất. *Nguyên lý, cơ sở khoa học và trình tự công nghệ của phương pháp sẽ được nghiên cứu đầy đủ và đề cập một cách chi tiết trong các chương sau.*

## 1.4. KẾT LUẬN

- Trong tất cả các phương pháp xác định sức chịu tải của cọc, phương pháp thử tĩnh được coi là phương pháp có độ tin cậy hơn cả, nhưng phương pháp thử tĩnh truyền thống có nhược điểm lớn là chi phí cao, thời gian chuẩn bị cho thí nghiệm kéo dài, đòi hỏi mặt bằng tương đối rộng, cản trở công tác thi công và *trong một số trường hợp đặc biệt thì không thể thực hiện được.*

- Phương pháp thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg là phương pháp thử tĩnh nhưng có khả năng khắc phục được những nhược điểm của phương pháp thử tĩnh truyền thống, đặc biệt là khi phải sử dụng tải trọng thử rất lớn. Chính vì vậy, trong tình hình phát triển nhanh chóng của ngành xây dựng, khi ngày càng có nhiều cọc khoan nhồi và cọc barrette có đường kính và khả năng chịu tải lớn được thi công thì *việc nghiên cứu để áp dụng phương pháp thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg là nhu cầu cấp thiết và mang tính tất yếu.*

Chương 2

# TỔNG QUAN VỀ VIỆC ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP THỬ TẢI TRỌNG TĨNH BẰNG HTT OSTERBERG

## 2.1. MỘT SỐ THÍ NGHIỆM TIÊU BIỂU ĐÃ ĐƯỢC THỰC HIỆN TẠI NƯỚC NGOÀI

Nhằm tiến hành một cách thuận lợi và kinh tế việc thử tải tĩnh các cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barrette có khả năng chịu tải lớn, giáo sư Mỹ Jorj O.Osterberg đã phát triển một công nghệ nén tĩnh mới là phương pháp thử tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg. Cho đến nay phương pháp này đã được ứng dụng rộng rãi và được đưa vào các tiêu chuẩn kỹ thuật của nhiều nước. Một số thí nghiệm quan trọng đã được thực hiện với các mục đích xác định các đặc tính và trạng thái làm việc của cọc trong những điều kiện cụ thể của nhiều môi trường địa chất khác nhau.

### 2.1.1. Dự án tuyến đường sắt Hung Tung Lau - Hồng Kông

Thí nghiệm được tiến hành cho cọc khoan nhồi đường kính 1m, chiều dài cọc 17m, trong đó có 3m mũi cọc đặt trong lớp đá granit có độ cứng 2 và 3. Theo tính toán của thiết kế, tải trọng thiết kế trên mỗi cọc là 660 T, hệ số an toàn là 2 và chỉ khai thác thành phần ma sát. Một hộp tải trọng loại 3000 T đã được đặt ở mũi với dự kiến thử cho đến phá hoại. Tuy nhiên thí nghiệm này đã dừng ở mức tải 1640 T. Từ thí nghiệm này người ta đã rút ra được một số kết luận sau:

- Cả hai đường cong chuyển vị hướng lên trên và xuống dưới gần như tuyến tính và chuyển vị tổng cộng dưới mức tải cực đại 1640 T giữ trong 24 giờ là cực kỳ nhỏ. Điều đó cho thấy có rất ít, hoặc không có độ lún đột ngột và chứng tỏ cả hai lực bám dính thành bên và sức chống ở mũi còn cách trạng thái phá hoại rất xa.

- Cọc khoan nhồi này đã được thiết kế chỉ với lực ma sát thành bên và không cho phép xảy ra sức chống ở mũi. Thí nghiệm đã chỉ ra rằng mũi cọc có thể chịu được tải trọng thí nghiệm cực đại và được huy động cùng với thành phần ma sát, do vậy có thể tăng gấp đôi tải trọng thiết kế cho phép, hoặc giảm độ sâu ngàm vào trong đá granit. Điều này cho phép giảm khối lượng và thời gian thi công khoan đá một cách đáng kể.

- Cọc thí nghiệm có thể được sử dụng lại như một cọc làm việc chỉ đơn giản bằng cách phun vữa vào trong hộp tải trọng sau khi đã hoàn thành thí nghiệm. Điều này cũng đã được thực hiện tại nhiều thí nghiệm Osterberg khác.

### 2.1.2. Thử tải Osterberg cho cọc đóng

Việc áp dụng hộp tải trọng cho cọc đóng đã được áp dụng khá rộng rãi ở Mỹ. Năm 1997, Sở Giao thông Louisiana đã có chương trình nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian đến sức chịu tải của cọc tại dự án di dân ở thành phố Morgan. Các hộp Osterberg tải trọng 900T có hành trình 23 cm được gắn ở mũi cọc BTCT đúc sẵn vuông 75×75 cm dài 43 m. Một chương trình thí nghiệm để xác định sức chịu tải ma sát thành bên theo từng khoảng thời gian 6 tháng, 12 tháng và 24 tháng kể từ khi đóng cọc. Cọc được gắn các thiết bị đo trên toàn bộ chiều dài để nghiên cứu sự làm việc trong suốt chiều dài chôn cọc và được đóng cho đến khi đạt được sức kháng cực đại với 267 nhát búa cho 30 cm cuối cùng . Kết quả thí nghiệm cho thấy rõ việc tăng ma sát thành bên và giúp đánh giá được hiệu quả của ảnh hưởng thời gian đến sự làm việc của hệ móng để thiết kế hệ móng kinh tế nhất cho các hạng mục công trình tiếp theo.

### 2.1.3. Các thí nghiệm hiện trường kiểm chứng phương pháp Osterberg

#### *2.1.3.1. Thí nghiệm ở cảng Orange, Florida*

Chương trình thí nghiệm được Cục Đường bộ Liên bang Mỹ tài trợ nhằm giải quyết vấn đề đánh giá độ chính xác của kết quả thu được từ thử tải theo phương pháp Osterberg. Để thực hiện điều này người ta đã tiến hành thí nghiệm cho một cọc khoan nhồi bê tông đường kính 1m. Trên thân cọc gắn các đầu đo tuyến tính loại dây rung để đo các giá trị tải trọng dọc theo thân cọc trong quá trình thí nghiệm Osterberg. Các giá trị đo được bằng các đầu đo dọc theo thân cọc và bằng hộp Osterberg đã cho thấy kết quả trong hai phép đo là giống nhau. Nó cũng cho biết lực dính bám của đất và vữa với hộp tải trọng là nhỏ và có thể bỏ qua.

#### *2.1.3.2. Thí nghiệm ở Osaka , Nhật Bản*

Đã tiến hành thí nghiệm trên nhiều cọc giống nhau (Cọc tròn đường kính 120cm, dài 38m) trên cùng một hiện trường. (Khoảng 3m phía trên là các lớp cát, bùn, cuội sỏi hay sét, còn lại là chôn trong cát rất chặt). Đã tiến hành thử tĩnh truyền thống bằng hệ kích đặt trên đầu cọc. Cọc này được gắn các đầu đo trên toàn bộ chiều dài cọc. Để mô phỏng điều kiện làm việc của tầng hầm đã dùng một ống vách rộng hơn ở đoạn 18m phía trên của cọc để loại bỏ ma sát thành bên của cọc. Cọc thứ hai (Thí nghiệm A) có hộp tải trọng ở đáy và cũng bị loại ma sát đến độ sâu 18m. Cọc thứ ba (Thí nghiệm B) cũng có hộp tải trọng ở đáy nhưng không loại ma sát ở 18m phía trên.

Các kết quả nhận được đã cho thấy đường cong *sức chống mũi cọc - chuyển vị* trong thí nghiệm truyền thống nhận được bằng cách lấy tải trọng tổng cộng đặt trên đỉnh cọc trừ đi phần ma sát bên trên (Nhận được từ các đầu đo ứng suất) rất trùng với đường cong *sức chống mũi cọc - chuyển vị* nhận trực tiếp từ hộp tải trọng trong thí nghiệm A. Thí nghiệm B cũng cho biết ảnh hưởng của phần ma sát bên trên. Nó cũng chứng tỏ trong trường hợp này *ma sát và sức chống mũi khi cọc bị nâng lên từ đáy hoặc bị ấn xuống từ đầu cọc là tương tự nhau.*

## 2.2. MỘT SỐ THÍ NGHIỆM ĐÃ ĐƯỢC THỰC HIỆN TẠI VIỆT NAM

Trong khi phương pháp thí nghiệm nén tĩnh cọc bằng HTT Osterberg đã được thực hiện khá phổ biến ở Mỹ và một số nước phát triển khác thì phương pháp này chỉ mới được ứng dụng trong một số ít công trình ở Việt Nam.

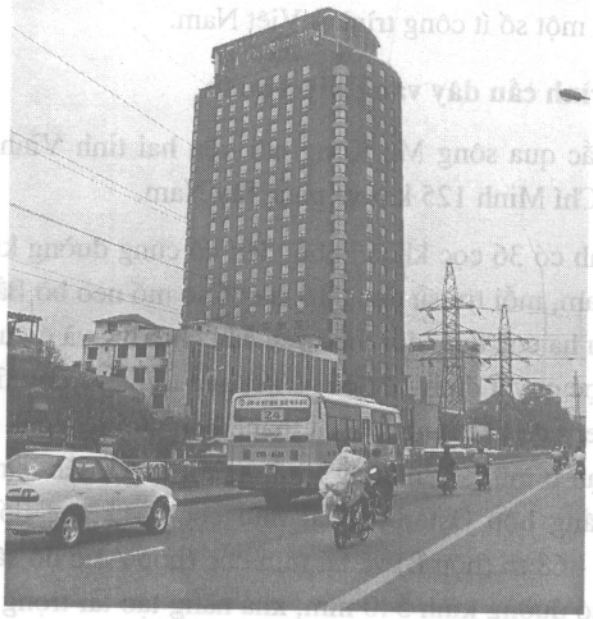
### 2.2.1. Tại công trình cầu dây văng Mỹ Thuận

Cầu Mỹ Thuận bắc qua sông Mê Kông nối liền hai tỉnh Vĩnh Long và Tiền Giang cách Thành phố Hồ Chí Minh 125 km về phía Tây Nam.

Toàn bộ công trình có 36 cọc khoan nhồi đều có cùng đường kính 2400 mm. Hai trụ tháp chính Bắc và Nam, mỗi trụ sử dụng 16 cọc. Các mố neo bờ Bắc và Nam, mỗi mố sử dụng hai cọc. Độ sâu hạ cọc thay đổi theo yêu cầu chịu lực và điều kiện địa chất. Độ sâu hạ cọc cuối cùng được quyết định trên cơ sở kết quả thử tải trọng tĩnh bằng phương pháp hộp tải trọng Osterberg để xác định ma sát thành bên giới hạn của các lớp đất khác nhau và sức chống giới hạn ở mũi. Trên công trình người ta đã tiến hành thử 5 cọc, trong đó có 3 cọc đặt một tầng hộp Osterberg tại mũi cọc và 2 cọc bố trí hai tầng đặt hộp Osterberg tại độ sâu - 68 m (hộp B) và tại mũi cọc (hộp A) ở độ sâu - 84 m. Đã sử dụng loại hộp Osterberg có đường kính 540 mm, khả năng tạo tải trọng 1200 T. Mỗi tầng đặt 3 hộp Osterberg nối thông đường ống áp lực để đảm bảo các kích làm việc đồng thời. Với việc chất tải theo 3 giai đoạn: Hộp B mở, chất tải thông qua hộp A; Hộp B đóng, chất tải qua hộp A; và Hộp A đóng, chất tải qua hôp B đã xác định được sức kháng mũi cọc tại A, ma sát thành trong đoạn AB và ma sát thành trong đoạn từ đầu cọc đến B. Từ đó xác định được sức chịu tải tổng cộng của cọc. Cũng nhờ các kết quả thí nghiệm này đã xác định được rằng ma sát thành bên đơn vị thấp hơn giá trị dự kiến, nguyên nhân của hiện tượng đó và đề xuất giải pháp khắc phục.

### 2.2.2. Công trình toà nhà Vietcombank

Công trình đầu tiên ở Hà Nội (Hình 2.10) áp dụng phương pháp thí nghiệm Osterberg để xác định sức chịu tải của cọc barrette là công trình trụ sở Ngân hàng Ngoại thương Việt Nam - 198 Trần Quang Khải, Hà Nội (1997). Cọc khoan nhồi ở đây là loại cọc barrette có kích thước 2, 8 × 0, 8 × 55 m. Sử dụng 2 kích O - Cell, đường kính mỗi kích là 540 mm. Các đồng hồ đo chuyển vị là đồng hồ thiên phân kế (đo cơ học), kích O - cell sử dụng dầu thuỷ lực để bơm áp lực. Toàn bộ thí nghiệm bao gồm thiết bị, lắp đặt, thí nghiệm, báo cáo kết quả thí nghiệm do công ty SOIL DYNAMICS của Malaysia đảm nhận. Đã tiến hành thí nghiệm Osterberg cho 2 cọc, một cọc tải trọng thí nghiệm đến 3300 tấn (khoảng 2, 5 tải trọng thiết kế) nhưng chưa xảy ra phá hoại cọc, cọc còn lại chỉ thí nghiệm đến tải trọng thiết kế 1300 tấn. Nhìn chung kết quả thí nghiệm cọc thu được là rất tốt. Sau 6 năm sử dụng, công trình rất ổn định và sử dụng bình thường.



*Hình 2.1: Toà nhà Vietcombank - Nơi ứng dụng thử tải bằng Hộp Ocell lần đầu tiên ở Hà Nội*

### 2.2.3. Công trình nhà ở tiêu chuẩn cao và văn phòng 27 Láng Hạ

Công trình thứ 2 ở Hà Nội áp dụng phương pháp thí nghiệm Osterberg (Hình 2.2) để xác định sức chịu tải của cọc khoan nhồi là công trình Khu nhà ở tiêu chuẩn cao kết hợp văn phòng - 27 Láng Hạ, Đống Đa, Hà Nội (2002). Cọc khoan nhồi ở đây là loại cọc barrette có kích thước 2,8 × 1,5 × 43,5 m và 2,8 × 1,0 × 40,5 m. Sử dụng 2 kích O - Cell, đường kính mỗi kích là 540 mm cho cọc nhỏ và 670 mm cho cọc lớn. Các đồng hồ đo chuyển vị là loại đầu đo điện tử kết nối bộ phận thu giữ số liệu gắn với máy tính xách tay, kích O - cell sử dụng nước lã để bơm áp lực. Có thể thấy rằng sau 5 năm, thiết bị phục vụ thí nghiệm đã được cải tiến gọn nhẹ hơn và tự động hoá cao hơn. Toàn bộ thí nghiệm bao gồm thiết bị, lắp đặt, thí nghiệm, báo cáo kết quả thí nghiệm do Trung tâm kỹ thuật nền móng công trình - Trường Đại học xây dựng kết hợp với chuyên gia nước ngoài của hãng LOADTEST (Singapore, USA) đảm nhận. Đã tiến hành thí nghiệm Osterberg cho 2 cọc, một cọc tải trọng thí nghiệm đến 1640 tấn, cọc còn lại thí nghiệm đến 2380 tấn. Nhìn chung các cọc barrete làm việc chủ yếu do ma sát bên, khi thi công đáy cọc chưa được làm sạch và đất dưới mũi cọc bị xới lên. Nếu sử dụng phương pháp thí nghiệm nén tĩnh truyền thống ở công trình này thì không thể phát hiện được tình trạng yếu kém ở đáy mũi cọc.

*Hình 2. 2: Chất tải tĩnh cọc barrette bằng phương pháp HTT Osterberg tại công trình nhà cao tầng 27 Láng Hạ. Tải trọng thử 21,2 MN.*

## 2.3. TRIỂN VỌNG CỦA VIỆC ÁP DỤNG THỬ TẢI BẰNG HTT OSTERBERG CHO CÁC CÔNG TRÌNH Ở HÀ NỘI

Từ kết quả của việc khảo sát, nghiên cứu tình hình ứng dụng cọc khoan nhồi , cọc barrette và việc thực hiện công nghệ thử tải một số cọc nhồi đường kính lớn và cọc barrette ởViệt Nam có thể rút ra một số kết luận sau:

1. Sự phát triển nhanh chóng của công việc đô thị hoá cùng với việc ra đời ngày càng nhiều các công trình cao tầng sẽ mở ra thời kỳ ngày càng nhiều các cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barrette có sức chịu tải lớn. Điều đó đòi hỏi phải có công nghệ thử tải mới thích hợp với các cọc có sức chịu tải lớn.

2. Nhờ có những đặc tính ưu việt của mình, phương pháp thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg sẽ được ứng dụng ngày càng nhiều ở Việt Nam và cùng với phương pháp thử tải tĩnh truyền thống sẽ giúp cho kỹ sư tư vấn có nhiều lựa chọn về các khía cạnh kỹ thuật, kinh tế, môi trường…

3. Để chủ động nắm bắt được công nghệ, tiến tới việc áp dụng có hiệu quả phương pháp thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg cho các cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barrette có sức chịu tải lớn, việc nghiên cứu để nắm bắt được công nghệ, xây dựng được bản quy định cho công tác thử tải là công việc hữu ích và là bước đi đầu tiên nhằm tiến tới áp dụng công nghệ này vào công tác thử tải cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barrette xây dựng tại Hà Nội. Các bước tiếp theo có thể tiến tới chúng ta tự tiến hành thử tải theo phương pháp này với giá thành cạnh tranh.

Chương 3

# NGUYÊN LÝ CỦA PHƯƠNG PHÁP VÀ VẤN ĐỀ ĐÁNH GIÁ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC TRONG THÍ NGHIỆM THỬ TẢI TRỌNG TĨNH BẰNG HỘP TẢI TRỌNG OSTERBERG

## 3.1. NGUYÊN LÝ

Mục đích của thí nghiệm bằng hộp tải trọng Osterberg là xác định sức kháng bên và sức kháng mũi của cọc, từ đó xác định sức chịu tải của cọc. Một thiết bị đặc biệt-Hộp tải trọng Osterberg được sử dụng. Tuỳ theo điều kiện và yêu cầu của thí nghiệm, thiết bị này được đặt tại một cao trình (thường được đặt ở đáy cọc) hoặc tại nhiều cao trình trên chiều dài thân cọc. Số lượng kích làm thành tổ hợp hộp Osterberg phụ thuộc vào dự tính sức chịu tải của cọc khoan nhồi hoặc cọc barrette khi thí nghiệm.

Sau khi bê tông cọc đạt mác thiết kế người ta gia tải thí nghiệm bằng việc bơm chất lỏng để tạo áp lực trong kích. Với nguyên lý này, đối trọng dùng cho việc thử được tạo bởi chính trọng lượng bản thân cọc và sức kháng thành bên của cọc. Khi làm việc, kích tạo ra lực đẩy tác dụng vào thân cọc theo hướng ngược lên đồng thời tạo lực ép xuống tại mũi cọc. Các chuyển vị lên của thân cọc và chuyển vị xuống của phần mũi cọc được các đồng hồ ghi lại tương ứng với mỗi thời điểm của quy trình gia tải. Hình 3.1 cho thấy: HTT Osterberg gây ra lực nén $Q_0$ lên trên và $Q_0$ xuống dưới.

$Q_{s1}$ là sức kháng ma sát bên từ vị trí hộp O - cell trở lên

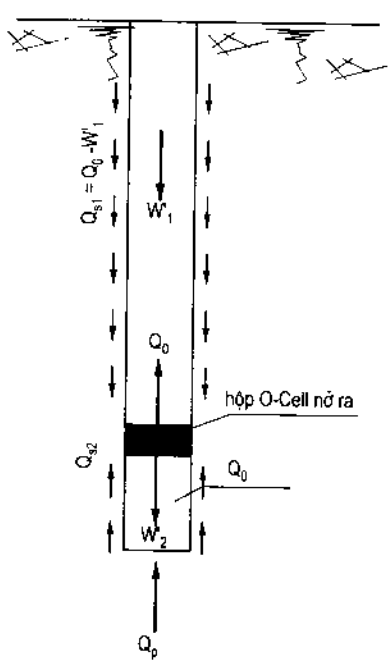
$Q_{s2}$ là sức kháng ma sát bên từ vị trí hộp O-cell trở xuống

$Q_p$ là sức kháng mũi

$W_1''$ là trọng lượng bản thân đoạn cọc từ vị trí O - cell trở lên

$W_2''$ là trọng lượng bản thân đoạn cọc từ vị trí O - cell trở xuống

Cả $W_1$ và $W_2$ đều tính với trọng lượng riêng đẩy nổi cho phần cọc dưới mực nước ngầm.




*Hình 3.1: Nguyên lý của thí nghiệm*

Như vậy ta có:

$$Q_{s1} = Q_0 - W_1''$$

$$Q_p + Q_{s2} = Q_0 + W_2''$$

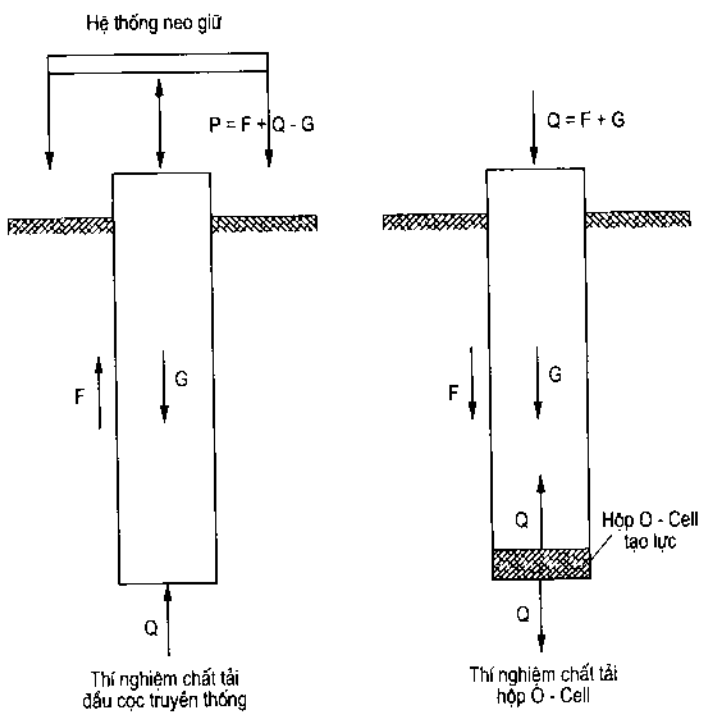
Thí nghiệm được xem là kết thúc khi đạt đến sức kháng ma sát hoặc sức chống mũi giới hạn (cọc bị phá hoại ở thành hoặc ở mũi)

Kết quả thu được là các đường cong biểu thị quan hệ tải trọng - chuyển vị (lên và xuống) của đỉnh và mũi cọc. Từ kết quả đó, cùng với việc dựa vào một số giả thiết cơ bản người ta xây dựng được biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị tương đương như trong thử tải trọng tĩnh truyền thống. Phương pháp thử tải bằng Hộp tải trọng Osterberg cho phép xác định được riêng rẽ hai thành phần sức kháng thành bên và sức kháng mũi cọc. Tuy nhiên các giả thiết về tiêu chuẩn phá hoại áp dụng riêng rẽ cho sức kháng thành bên và sức kháng mũi vẫn còn những vấn đề cần nghiên cứu khi áp dụng trong thực tế.

Trình tự công nghệ và các yêu cầu kỹ thuật chi tiết khi tiến hành thử sẽ được nghiên cứu và trình bày kỹ hơn ở các phần sau.

## 3.2. CÁC GIẢ THIẾT SỬ DỤNG TRONG PHƯƠNG PHÁP THỬ

Như đã trình bầy ở phần trên, trong phương pháp thử tải trọng tĩnh bằng HTT Osterberg sơ đồ chịu tải của cọc hoàn toàn khác với sơ đồ chịu tải của cọc trong phương pháp thử tải tĩnh truyền thống (Hình 3.2).




***Hình 3.2:*** *So sánh sơ đồ đặt lực trong chất tải truyền thống và thử tải bằng phương pháp Osterberg*

Trong phương pháp thử tải trọng tĩnh theo phương pháp truyền thống, tải trọng thử đặt trên đầu cọc. Khi tăng tải, cọc chuyển dịch xuống phía dưới, lực kháng ma sát của đất xung quanh thân cọc và lực kháng của đất mũi cọc cùng có chiều hướng lên trên ngăn cản chuyển dịch đi xuống của cọc. Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị thu được là quan hệ giữa tải trọng đặt trên đầu cọc và chuyển vị đi xuống của cọc. Tải trọng đầu cọc luôn cân bằng với (phản ảnh) tổng lực kháng ma sát của đất xung quanh cọc và lực kháng của đất mũi cọc. Sơ đồ chất tải này tương tự với tình trạng chịu tải thực tế của cọc trong quá trình khai thác. Nói tương tự vì trong thực tế tải trọng truyền lên đầu cọc phức tạp hơn rất nhiều. Tải trọng thực tế này không chỉ là tải trọng dọc trục mà có độ xiên bất kỳ, trong một số trường hợp có mô men tác dụng theo mặt phẳng bất kỳ. Trong phạm vi nghiên cứu ở đây chỉ đề cập đến tải trọng dọc trục và hướng xuống dưới (cọc chịu nén không chịu nhổ, không chịu mô men) và không có tác dụng động hay xung... (chỉ xét đến tĩnh tải).

Trong phương pháp thử tải trọng tĩnh bằng HTT Osterberg, tải trọng thử không đặt trên đầu cọc mà ở mũi hoặc ở thân cọc. Khi tăng tải, cọc chuyển dịch lên phía trên (trường hợp hộp tải trọng đặt ở mũi cọc), hoặc có đoạn cọc chuyển dịch lên phía trên và có đoạn cọc chuyển dịch xuống phía dưới (trường hợp hộp tải trọng đặt ở khoảng giữa thân cọc). Tương ứng với trường hợp trên, lực kháng ma sát của đất xung quanh thân cọc có chiều hướng xuống dưới ngăn cản chuyển dịch đi lên của cọc và lực kháng của đất mũi cọc có chiều hướng lên trên ngăn cản chuyển dịch đi xuống của phần mũi cọc và phần dưới của hộp tải trọng. Trong trường hợp sau, đoạn cọc phía trên hộp tải trọng có lực kháng ma sát của đất xung quanh thân cọc có chiều hướng xuống dưới ngăn cản chuyển dịch đi lên và đối với đoạn cọc phía dưới hộp tải trọng lực kháng ma sát của đất xung quanh thân cọc và lực kháng của đất mũi cọc có chiều hướng lên trên ngăn cản chuyển dịch đi xuống của đoạn cọc đó và của mũi cọc. Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị thu được là các quan hệ riêng rẽ giữa tải trọng do hộp tải trọng gây ra cho cọc và các chuyển vị đi xuống hoặc đi lên của cọc hay các đoạn cọc tùy theo sơ đồ đặt hộp.

Trên hình 3.3 thể hiện chi tiết cách bố trí các hộp HTT Osterberg và các thiết bị đo chuyển vị, thiết bị ghi nhận số liệu trong một thí nghiệm bằng HTT Osterberg.

Do kết quả thu được là hai biểu đồ tải trọng - chuyển vị mũi cọc độc lập nhau như đã nói ở trên, nên để dễ sử dụng và so sánh với thử tải tĩnh truyền thống phải xây dựng biểu đồ *tải trọng - chuyển vị đầu cọc tương đương* như trong thử tĩnh truyền thống. Để thực hiện việc đó đã dựa vào các giả thiết cơ bản sau đây:

1. Đường cong chuyển vị - tải trọng mũi trong cọc được chất tải truyền thống giống như đường cong chuyển vị - tải trọng xây dựng với chuyển dịch đi xuống của hộp tải trọng đặt tại đáy.

2. Đường cong chuyển vị - tải trọng ma sát bên của chuyển dịch đi lên trong thí nghiệm hộp tải trọng giống như chuyển dịch đi xuống trong một thí nghiệm chất tải truyền thống.

3. Bỏ qua độ nén trong thân cọc khi xem nó là vật rắn.

Dưới đây sẽ xem xét ảnh hưởng của các giả thiết này tới việc giải thích và sử dụng các kết quả của thí nghiệm bằng HTT Osterberg để đánh giá sức chịu tải của cọc và một số cố gắng để khắc phục các ảnh hưởng đó.

## 3.3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN GIẢI THÍCH KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Thí nghiệm nén tĩnh bằng HTT Osterberg về cơ bản dựa theo các kinh nghiệm đã tích lũy được từ phương pháp thí nghiệm đo áp kế PMT (Pressuremeter test), hay còn gọi là phương pháp nén trong thành lỗ khoan, vì sự tương tự nhau trong sơ đồ chịu tải của thí nghiệm PMT cũng như thí nghiệm O-Cell khi đánh giá giới hạn dão hay tải trọng giới hạn cho sức kháng thành bên và sức chống mũi. Thông thường trong một thí nghiệm O-Cell người ta xác định sức kháng thành bên đơn vị giới hạn trước, sau đó sử dụng giá trị đó để tính ra sức kháng mũi giới hạn cho phần cọc phía dưới với giả thiết sức kháng thành bên các đoạn cọc trên và dưới tương tự nhau.

Từ kết quả đường cong thí nghiệm PMT theo tiêu chuẩn ASTM D4719-94 để xác định tải trọng dão giới hạn (creep limit loading) của cọc khi chất tải . Đường cong tải trọng dão này cho biết về các giá trị chuyển vị hay biến dạng xảy ra trong các khoảng thời gian cố định từ 30 giây cho đến 60 giây theo sự thay đổi của áp lực. Trên đường cong đó sẽ xác định được một điểm gãy, tại điểm $P_c$ như trên Hình 8 của tiêu chuẩn ASTM nói trên.

Trong phương pháp O-Cell sơ đồ chất tải theo phương pháp chất tải nhanh theo quy định của ASTM Quick Method, theo đó các chuyển vị được đo cho từng bước tải trọng không đổi theo các khoảng thời gian từ 2 đến 4 phút. Điểm gãy trên đường cong chất tải đó cho biết xuất hiện giới hạn dão tương tự như điểm $P_c$ trong thí nghiệm PMT.

Tiến hành các bước chất tải để có thể thu nhận được một trong hai giới hạn dão của sức kháng thành bên và sức kháng mũi hoặc có thể thu được cả hai giới hạn dão này tương ứng với các chuyển vị $M_{CL1}$ và $M_{CL2}$. Sau đó tiến hành tổng hợp số liệu về giới hạn dão để dự báo tải trọng giới hạn dão cho cọc chịu tải trọng chất trên đỉnh cọc.

*Trong trường hợp có được cả hai giá trị $M_{CL1}$ và $M_{CL2}$:* Nói chung hiện tượng dão không thể bắt đầu cho đến khi chuyển vị thân cọc đạt đến giá trị của các $M_{CL}$. Một cách an toàn có thể giả thiết rằng hiện tượng dão bắt đầu khi chuyển vị này vượt quá giá trị nhỏ hơn của các giá trị $M_{CL}$. Tuy nhiên theo kinh nghiệm thực tế ở hiện trường cũng như trong phòng thí nghiệm, thường hiện tượng dão chỉ xảy ra một cách rõ ràng và tự do khi chuyển vị thân cọc đã lớn hơn cả hai giá trị của $M_{CL}$. Vì vậy mặc dù có độ an toàn nhỏ hơn chúng ta có thể chọn giới hạn dão là tải trọng trên đường cong chuyển vị-tải trọng đầu cọc tương đương mà chuyển vị đạt đến giá trị $M_{CL}$ lớn hơn vì nó phù hợp hơn với ứng xử thực tế của cọc.

*Nếu chỉ thu được $M_{CL}$:* khi đó thành phần chuyển vị mũi cọc lớn nhất thu được là $M_x$, xem $M_x$ như $M_{CL2}$. Như vậy sẽ có độ dự trữ an toàn nhất định nào đó cho thành phần thứ hai. Tương tự cho trường hợp nếu chỉ có thành phần thứ hai mà không có thành phần thứ nhất.

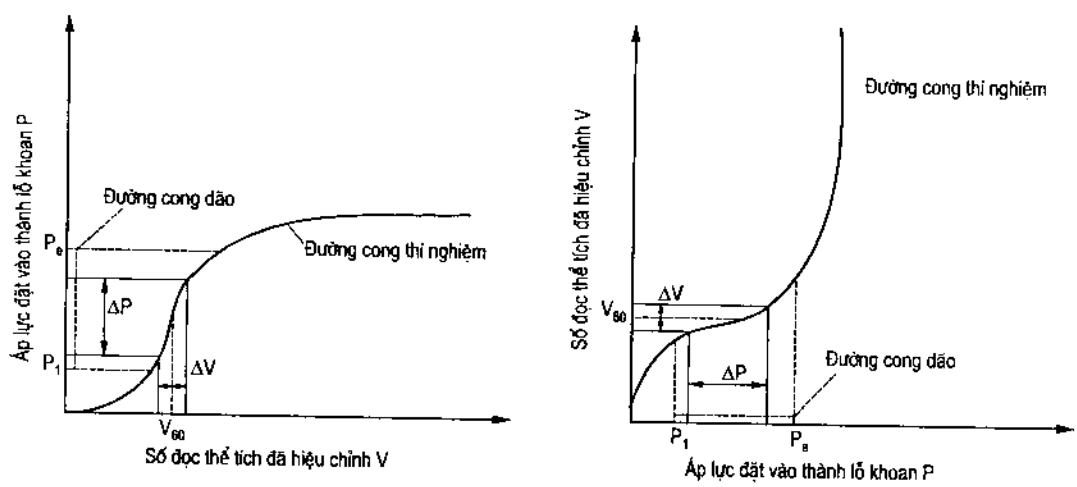
*Trường hợp không quan sát được bất kỳ giới hạn dão nào*: Nếu theo cách như trên tức là coi hai thành phần chuyển vị nhận được là các giá trị của các $M_{CL}$ thì sẽ có độ dự trữ an toàn nào đó cho cả hai thành phần sức kháng mũi và sức kháng thành bên của cọc.

*Các hạn chế của phương pháp*: Độ chính xác của việc tính các giới hạn dão phụ thuộc một phần vào sự tản mát của số liệu trong các đồ thị đường cong tải trọng chuyển vị giai đoạn dão. Số liệu càng tản mạn càng khó xác định giới hạn dão. Người sử dụng và giải thích số liệu phải nắm vững chuyên môn và có kinh nghiệm lâu năm để có thể lựa chọn được các giơí hạn dão phù hợp. Đôi khi số liệu quá tản mạn không thể xác định được giới hạn dão thì cần ghi rõ trong báo cáo.

*Trích dẫn tiêu chuẩn ASTM D4719:*

"Tiêu chuẩn phương pháp thí nghiệm áp kế trong đất"

9. 4 Đối với trình tự A, vẽ đồ thị các số liệu tăng thể tích ($V_{60}$) trong phạm vi các số liệu 30 giây và 60 giây trên một biểu đồ tách riêng. Nói chung một phần của đồ thị đó sẽ được sử dụng, xem hình 3.3. Đối với trình tự B, vẽ đồ thị các số liệu giảm thể tích ($V_{60}$) trong phạm vi các số liệu 30 giây và 60 giây trên một biểu đồ tách riêng. Đường cong thí nghiệm cho thấy phần lớn đoạn thẳng trong phạm vi của các số liệu tăng thể tích thấp ($V_{60}$) đối với trình tự A hoặc giảm áp lực thấp cho trình tự B. Trong phạm vi đó có thể đo được một mô đun biến dạng đất không đổi. Sau khi vượt qua áp lực được gọi là dão, biến dạng dẻo trở nên rõ ràng hơn.




***Hình 3-3:** Đường cong thí nghiệm áp kế cho trình tự A. (theo ASTM D4719)*

## 3.4. PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG CHUYỂN VỊ - TẢI TRỌNG ĐẦU CỌC TƯƠNG ĐƯƠNG TỪ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM O-CELL

Căn cứ theo sự hợp lý và thiên về an toàn, đã sử dụng các giả thiết sau đây để xây dựng đường cong chuyển vị-tải trọng đầu cọc tương đương từ kết quả thí nghiệm O-Cell:

1. Đường cong chuyển vị-tải trọng mũi cọc trong cọc chất tải đầu cọc có cùng tải trọng net (đã trừ trọng lượng đẩy nổi của cọc phía trên hộp O-Cell) đối với một chuyển vị cho trước đối với đường cong chuyển vị-tải trọng mũi cọc phát triển ở đáy hộp O-Cell khi nó đặt ở hay gần mũi cọc.

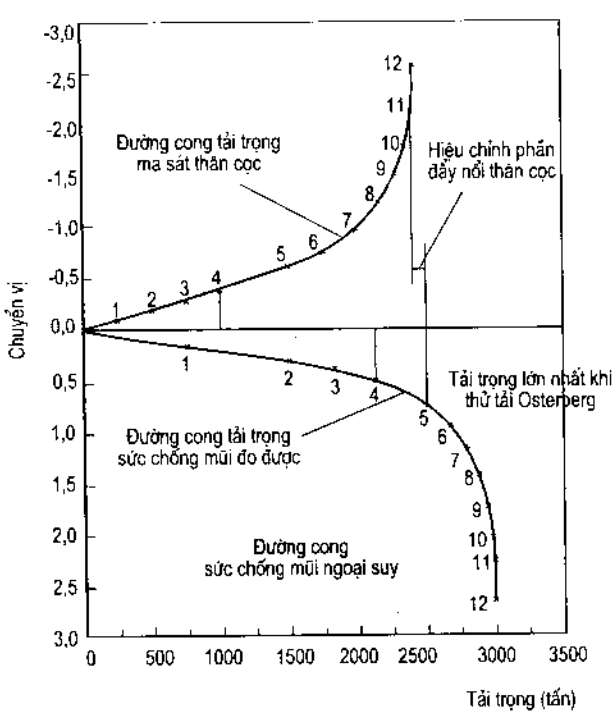
2. Đường cong chuyển vị-tải trọng trượt thành bên trong cọc chất tải đầu cọc có cùng sức kháng trượt thành bên net, đã nhân với hệ số hiệu chỉnh 'F' đối với một chuyển vị đi xuống đã cho như xảy ra trong thí nghiệm O-Cell mà đỉnh hộp có cùng chuyển vị như thế theo hướng đi lên. Tương tự như vậy cho chuyển vị đi lên trong thí nghiệm kéo chất tải đầu cọc. Trừ những trường hợp có lưu ý khác đi, trong phương pháp này đã sử dụng các hệ số hiệu chỉnh như sau:

a) F = 1, 00 trong mọi cọc chống trên đá và đất chủ yếu là loại đất dính chịu nén.

b) F = 0, 95 trong đất chủ yếu là loại không dính.

c) F = 0, 80 cho mọi loại đất khi chịu tải kéo trên đầu cọc.

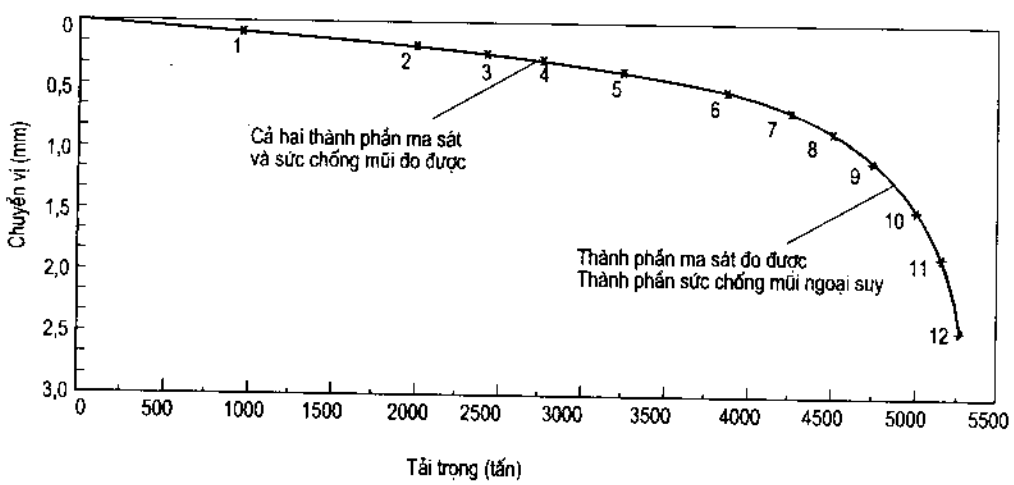
*Trình tự I:*




***Hình 3.4***

3. Ban đầu giả thiết cọc làm việc như một vật rắn nhưng có độ nén đàn hồi tham gia trong số liệu chuyển vị thu được trong thí nghiệm O-Cell. Dùng giả thiết này sẽ xây dựng đường cong chuyển vị thí nghiệm tải trọng đỉnh tương đương theo phương pháp mô tả trong *Trình tự I* trên đây. Sau đó dùng *Trình tự II* để hiệu chỉnh ảnh hưởng của độ nén đàn hồi trong số liệu chuyển vị thu được trong thí nghiệm O-Cell.

4. Xét đến trường hợp có một hay nhiều hơn cao độ đặt O-Cell đặt cách mũi cọc một khoảng cách nào đó, giả thiết phần cọc bên dưới hộp O-Cell, mà đang chịu tải trọng trên đầu, có cùng ứng xử chuyển vị-tải trọng như khi chất tải trên đầu toàn bộ cọc. Do đó "đường cong chuyển vị-tải trọng mũi" là chỉ chuyển vị của toàn bộ chiều dài cọc bên dưới hộp O-Cell.




***Hình 3.5***

Bước 1: Đổi các tải trọng gross từ các số liệu O-Cell thành các tải trọng *Net* (xét đến lực đẩy nổi).

Bước 2: Xây dựng từng điểm của đường cong tương đương theo cách lấy hai điểm có cùng chuyển vị trên hai đường cong trong thí nghiệm O-Cell, lấy tổng tải trọng thành bên và tải trọng mũi ta sẽ có tải trọng cho đường cong tương đương ứng với chuyển vị đó. Ví dụ như hình vẽ trên tại điểm 4 có cùng chuyển vị là 10,2 mm, thì tại đường cong chuyển vị-tải trọng thành bên có số đọc tải trọng là 18,60 MN (chuyển vị đi lên) và tại đường cong chuyển vị-tải trọng mũi có số đọc tải trọng là 9,40 MN (chuyển vị đi xuống). Cộng hai tải trọng đó ta có giá trị 28,00 MN cho số đọc tải trọng ứng với chuyển vị 10,2 mm của đường cong tương đương.

Bằng cách như vậy xây dựng các điểm của đường cong tương đương cho đến hết các điểm số liệu đã nhận được. Ví dụ như hình vẽ trên đó là điểm 5 của của tải trọng thành bên. Do số liệu tải trọng mũi cọc có đến điểm 12 nên cần phải ngoại suy cho

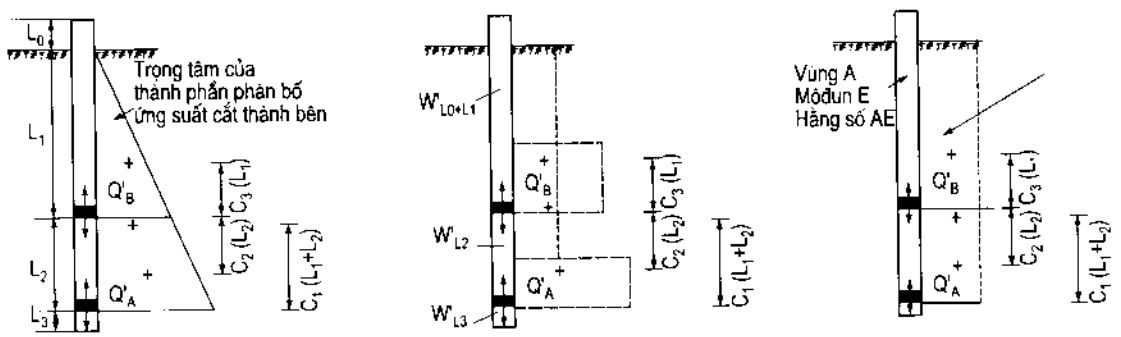
đường cong tải trọng thành bên. Thường dùng ngoại suy hyperbolic như đã làm trên hình vẽ trên.

Nếu số liệu nhận được rất tin cậy thì có thể ngoại suy cho cả hai đường cong khi cần thiết.

*Trình tự II:*

Trong thí nghiệm O-Cell luôn chịu ảnh hưởng của độ nén đàn hồi khi xây dựng đường cong chất tải đầu cọc tương đương. Độ nén đàn hồi không chỉ làm tăng chuyển vị đầu cọc mà tăng chuyển vị do tải trọng thành bên do đó làm "tăng" giá trị của ứng suất cắt thành bên cũng như ứng suất nén trong cọc. Để giải chính xác vấn đề truyền tải trọng này cần phải biết rõ đường cong chuyển vị đứng-tải trọng thành bên (t-y) cho một số lượng lớn các phân đoạn cọc theo chiều dài và tìm lời giải gần đúng của hệ các phương trình đó theo phương pháp phần tử hữu hạn hay sai phân hữu hạn. Trong thực tế thường không thể có số liệu đầy đủ để nhận được các đường cong t-y đó vì vậy thường dùng phương pháp gần đúng sau đây.

Sơ đồ tính độ nén đàn hồi lý thuyết trong thí nghiệm O-Cell(OLT) dựa theo sự phát triển của ứng suất cắt thành bên:




***Hình 3.6***

*1. Trường hợp chất tải một tầng hộp O-Cell(chỉ có $Q'_A$):*

$$\delta_{OLT} = \delta\uparrow_{(L1+L2)}$$

| $C_1 = 1/3$ | Hệ số trọng tâm = $C_1$ | $C_1 = 1/2$ |
|---|---|---|
| $\delta_{\uparrow(L_1+L_2)} = \frac{1}{3}\cdot\frac{Q'_{\uparrow A}(L_1+L_2)}{AE}$ | $\delta_{\uparrow(L_1+L_2)} = \frac{1}{2}\cdot\frac{Q'_{\uparrow A}(L_1+L_2)}{AE}$ | $\delta_{\uparrow(L_1+L_2)} = \frac{1}{3}\cdot\frac{Q'_{\uparrow A}(L_1+L_2)}{AE}$ |

*2. Trường hợp chất tải hai tầng hộp ($Q'_A$ và $Q'_B$):*

$$\delta_{OLT} = \delta\uparrow_{L1} + \delta\downarrow_{L2}$$

| $C_3$= 1/3 | Hệ số trọng tâm = C3 | $C_3$ = 1/2 |
|---|---|---|
| $\delta_{\uparrow L_1} = \frac{1}{3}\cdot\frac{Q'_{\uparrow B}L_1)}{AE}$ | $\delta_{\uparrow L_1} = C_1\frac{Q'_{\uparrow B}L_1)}{AE}$ | $\delta_{\uparrow L_1} = \frac{1}{2}\cdot\frac{Q'_{\uparrow B}L_1)}{AE}$ |
| $C_2 = \frac{1}{3}\left(\frac{3L_1+2L_2}{2L_1+L_2}\right)$ | Hệ số trọng tâm = C2 | $C_2$ = 1/2 |
| $\delta_{\downarrow L_2} = \frac{1}{3}\left(\frac{3L_1+2L_2}{2L_1+L_2}\right)\frac{Q'_{\downarrow B}L_2}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_2} = C_2\frac{Q'_{\downarrow B}L_2}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_2} = \frac{1}{2}\cdot\frac{Q'_{\downarrow B}L_2}{AE}$ |

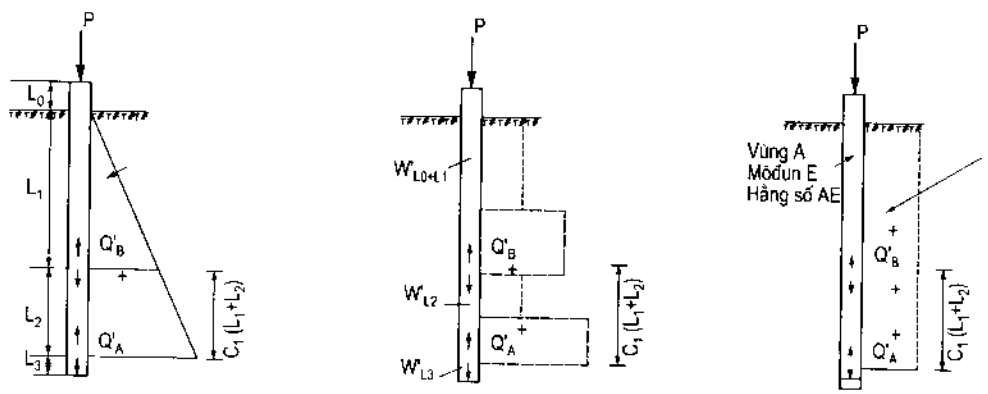
Tải trọng net:

$$Q'_{\uparrow A} = Q_{\uparrow A} - W'_{L_0+L_1+L_2}$$

$$Q'_{\uparrow B} = Q_{\uparrow B} - W'_{L_0+L_1}$$

$$Q'_{\downarrow B} = Q_{\downarrow B} + W'_{L_2}$$

W' = trọng lượng cọc đã kể đến đẩy nổi phần bên dưới mực nước ngầm.




***Hình 3.7:*** *Sơ đồ tính độ nén đàn hồi lý thuyết trong thí nghiệm chất tải đầu cọc (TLT) dựa theo sự phát triển của ứng suất cắt thành bên.*

Thí nghiệm chất tải đầu cọc:

$$\delta_{TLT} = \delta_{\downarrow L0} + \delta_{\downarrow(L1+L2)}$$

| $\delta_{\downarrow L_0} = \frac{PL_0}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_0} = \frac{PL_0}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_0} = \frac{PL_0}{AE}$ |
|---|---|---|
| $C_1$=1/3 | Hệ số trọng tâm = $C_1$ | $C_1$=1/2 |
| $\delta_{\downarrow L_1+L_2} = \frac{(Q'_{\downarrow A}+2P)}{3}\cdot\frac{(L_1+L_2)}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_1+L_2} = \left[C_1.Q'_{\downarrow A}+(1-C_1)P\right]\frac{(L_1+L_2)}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_1+L_2} = \frac{(Q'_{\downarrow A}+P)}{3}\cdot\frac{(L_1+L_2}{AE}$ |

Tải trọng net và tương đương:

$$Q'_{\downarrow A} = Q_{\downarrow A} + W'_{L_3}$$

$$P_{single} = Q'_{\downarrow A} + Q'_{\uparrow A}$$

$$P_{multi} = Q'_{\downarrow A} + Q'_{\uparrow B} + Q'_{\downarrow B}$$

$$P_{equivalent} = P - W'_{L_0+L_1+L_2+L_3}$$

Các tải trọng thành phần Q chọn với cùng $(\pm)\Delta_{OLT}$.

Các ví dụ tính toán hiệu chỉnh độ nén đàn hồi bổ sung cho thí nghiệm chất tải O-Cell một tầng:

Cho trước:

$C_1 = 0{,}441$

AE = 17000 MN (giả sử bằng hằng số trong thí nghiệm).

$L_0 = 1{,}80$ m

$L_1 = 14{,}69$ m (chiều dài cọc chôn bên trên hộp O-Cell).

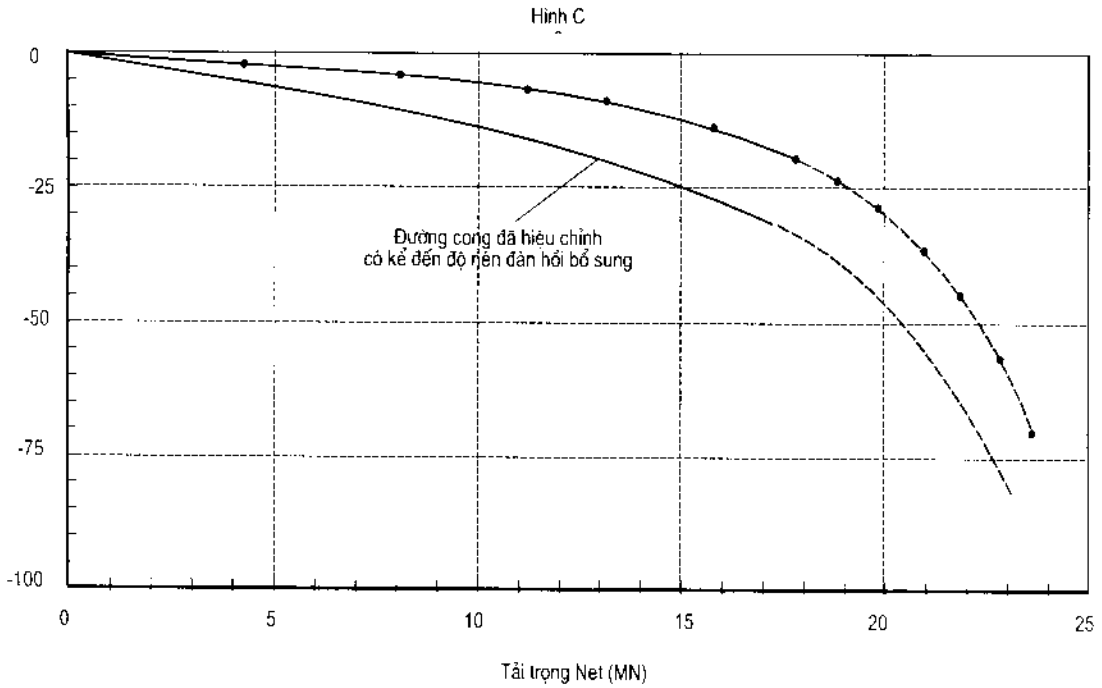
$L_2 = 0{,}00$ m.

$L_3 = 0{,}00$ m.

W' = 0,90 MN

Hệ số giảm ứng suất cắt = 1,00 (đất dính).

| $\Delta_{OLT}$ (mm) | $Q'_{\downarrow A}$ (MN) | $Q'_{\uparrow A}$ (MN) | P (MN) | $P_{equivalent}$ (MN) | $\delta_{TLT}$ (mm) | $\delta_{OLT}$ (mm) | $\Delta_\delta$ (mm) | $\Delta_{OLT}+\Delta_\delta$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2,54 | 1,57 | 3,14 | 4,71 | 3,81 | 3,37 | 1,20 | 2,17 | 4,71 |
| 5,08 | 2,82 | 6,43 | 9,25 | 8,35 | 6,52 | 2,45 | 4,07 | 9,15 |
| 7,62 | 3,86 | 8,27 | 12,12 | 11,22 | 8,61 | 3,15 | 5,46 | 13,08 |
| 10,16 | 4,72 | 9,29 | 14,01 | 13,11 | 10,05 | 3,54 | 6,51 | 16,67 |
| 15,24 | 6,08 | 10,60 | 16,68 | 15,78 | 12,14 | 4,04 | 8,10 | 23,34 |
| 20,32 | 7,11 | 11,40 | 18,50 | 17,60 | 13,60 | 4,34 | 9,26 | 29,58 |
| 25,40 | 7,90 | 11,94 | 19,85 | 18,95 | 14,70 | 4,55 | 10,15 | 35,55 |
| 30,48 | 8,55 | 12,33 | 20,88 | 19,98 | 15,55 | 4,70 | 10,85 | 41,33 |
| 38,10 | 9,30 | 12,75 | 22,05 | 21,15 | 16,53 | 4,86 | 11,67 | 49,77 |
| 45,72 | 9,88 | 13,05 | 22,93 | 22,03 | 17,27 | 4,97 | 12,29 | 58,01 |
| 53,34 | 10,34 | 13,27 | 23,61 | 22,71 | 17,84 | 5,06 | 12,79 | 66,13 |
| 63,50 | 10,83 | 13,48 | 24,31 | 23,41 | 18,44 | 5,14 | 13,30 | 76,80 |




***Hình 3. 8***

Các ví dụ tính toán hiệu chỉnh độ nén đàn hồi bổ sung cho thí nghiệm chất tải Osterberg nhiều tầng:

Cho trước: $C_1 = 0,441$

$C_2 = 0,579$

$C_3 = 0,396$

AE = 17000 MN (giả sử bằng hằng số trong thí nghiệm).

$L_0 = 1,80$ m

$L_1 = 9,14$ m (chiều dài cọc chôn bên trên hộp O-Cell phía trên).

$L_2 = 5,55$ m (chiều dài cọc chôn giữa các hộp O-Cell).

$L_3 = 0,00$ m.

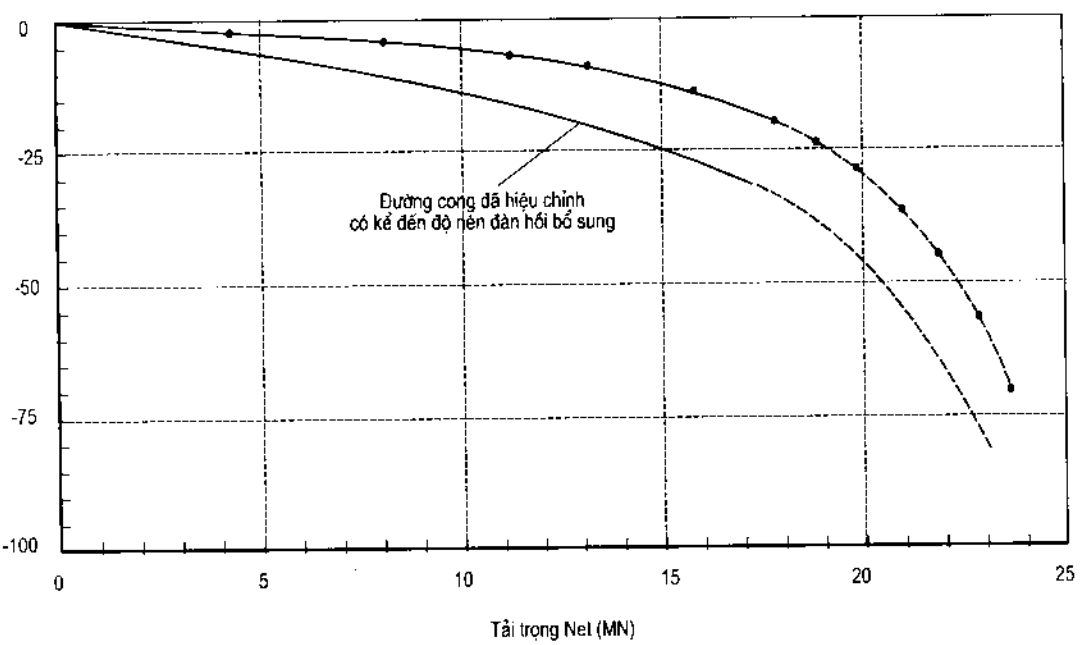
W' = 0,90 MN

Hệ số giảm ứng suất cắt = 1,00 (đất dính).

| $\Delta_{OLT}$ (mm) | $Q'_{\downarrow A}$ (MN) | $Q'_{\downarrow B}$ (MN) | $Q'_{\uparrow B}$ (MN) | P (MN) | $P_{equivalent}$ (MN) | $\delta_{OLT}$ (mm) | $\delta_{OLT}$ (mm) | $\Delta_{\delta}$ (mm) | $\Delta_{OLT}+\Delta_{\delta}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2,54 | 1,57 | 1,10 | 2,04 | 4,71 | 3,81 | 3,37 | 0,64 | 2,73 | 5,27 |
| 5,08 | 2,82 | 2,25 | 4,18 | 9,25 | 8,35 | 6,52 | 1,31 | 5,21 | 10,29 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7,62 | 3,86 | 2,89 | 5,37 | 12,12 | 11,22 | 8,61 | 1,69 | 6,92 | 14,54 |
| 10,16 | 4,72 | 3,25 | 6,04 | 14,01 | 13,11 | 10,05 | 1,90 | 8,15 | 18,31 |
| 15,24 | 6,08 | 3,71 | 6,89 | 16,68 | 15,78 | 12,14 | 2,17 | 9,97 | 25,21 |
| 20,32 | 7,11 | 3,99 | 7,41 | 18,50 | 17,60 | 13,60 | 2,33 | 11,27 | 31,59 |
| 25,40 | 7,90 | 4,18 | 7,76 | 19,85 | 18,95 | 14,70 | 2,44 | 12,26 | 37,66 |
| 30,48 | 8,55 | 4,32 | 8,02 | 20,88 | 19,98 | 15,55 | 2,52 | 13,03 | 43,51 |
| 38,10 | 9,30 | 4,46 | 8,29 | 22,05 | 21,15 | 16,53 | 2,61 | 13,92 | 52,02 |
| 45,72 | 9,88 | 4,57 | 8,48 | 22,93 | 22,03 | 17,27 | 2,67 | 14,60 | 60,32 |
| 53,34 | 10,34 | 4,64 | 8,62 | 23,61 | 22,71 | 17,84 | 2,71 | 15,13 | 68,47 |
| 63,50 | 10,83 | 4,72 | 8,76 | 24,31 | 23,41 | 18,44 | 2,76 | 15,58 | 79,18 |

Hình D




*Hình 3.9*

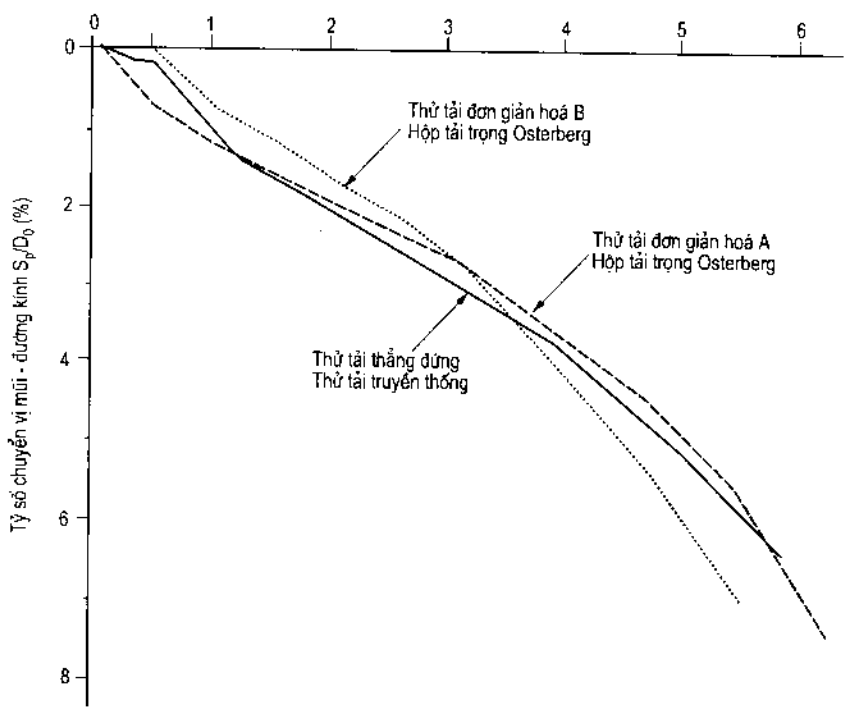
## 3.5. ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA KẾT QUẢ THỬ TẢI THEO PHƯƠNG PHÁP OSTERBERG

### 3.5.1. So sánh với chất tải đầu cọc

Để đánh giá ảnh hưởng của các giả thiết (xem mục 3.2) đến độ chính xác của kết quả thử tải theo phương pháp Osterberg, các kỹ sư của Công ty Loadtest và các nhà nghiên cứu của Trường Đại học Florida đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng ngược hướng tải

trọng này (so với thử tải tĩnh truyền thống) bằng phương pháp phần tử hữu hạn và thông qua các kết quả thực tế. Các kết quả này cho nhận xét chung là phương pháp Osterberg thường cho ma sát bên nhỏ hơn một chút so với chất tải đầu cọc. Một vài thí nghiệm tỷ lệ thật cũng đã khẳng định điều này. Tuy nhiên sai lệch này nhỏ có thể bỏ qua với độ an toàn nhất định.

Tại Osaka-Nhật Bản người ta cũng đã tiến hành thực hiện bốn seri thí nghiệm để đánh giá độ chính xác của đường cong chất tải đầu cọc tương đương. Đã thực hiện so sánh trực tiếp chất tải đầu cọc tỷ lệ thực và ứng xử chuyển vị của nó với các ứng xử tương đương của thí nghiệm hộp Osterberg. Thí nghiệm tiến hành tại ba vị trí có điều kiện đất khác nhau, hai thí nghiệm nén cọc khoan nhồi, một thí nghiệm nén cọc đóng và một thí nghiệm kéo cọc khoan nhồi. Cọc khoan nhồi đường kính lớn nhất 1,2 m và dài 37 m. Cọc đóng dài 9 m gồm các đốt 1 m. Trên 12 số liệu chuyển vị đầu cọc trong phạm vi từ 6 đến 40 mm đã tiến hành so sánh giữa các giá trị tính được và đo được cho thấy tỷ lệ là 1,03 với hệ số biến động là 9,4%. Các cọc khoan nhồi đặt trong khoảng 3 m phía trên là các lớp cát, bùn, cuội sỏi hay sét, còn lại là chôn trong cát rất chặt. Thử tĩnh truyền thống bằng các hệ kích đặt trên đầu cọc, gia tải bằng hệ các cọc neo. Cọc thử này được gắn các đầu đo trên toàn bộ chiều dài cọc. Để mô phỏng điều kiện làm việc của tầng hầm đã dùng một ống vách rộng hơn ở đoạn 18 m phía trên để loại bỏ ma sát thành bên của cọc. Một cọc khác (thí nghiệm A) có hộp tải trọng ở đáy và cũng bị loại ma sát đến độ sâu 18 m. Cọc thứ ba (thí nghiệm B) cũng có hộp tải trọng ở đáy nhưng không loại ma sát ở phần 18 m phía trên.



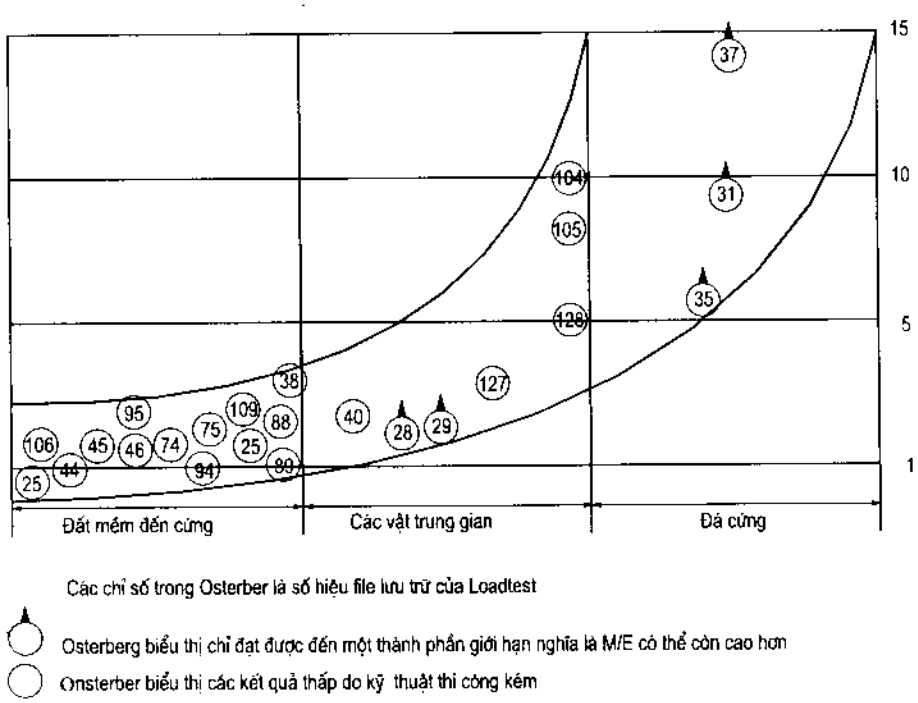

***Hình 3.10:*** *Các kết quả thí nghiệm ở Osaka-Nhật Bản.*

Hình trên trình bày đường cong tải trọng- chuyển vị đáy cọc cho cả ba trường hợp thí nghiệm. Các tải trọng dưới dạng tải trọng trên một đơn vị diện tích và chuyển vị dưới dạng độ lún/đường kính tính theo %. Tải trọng đặt đến 880 T(Mỹ) và chuyển vị xuống dưới khoảng 10 cm. Theo các hình này cho thấy đường cong sức chống mũi cọc-chuyển vị nhận được từ thí nghiệm truyền thống bằng cách lấy tải trọng tổng cộng đặt trên đỉnh cọc trừ đi phần ma sát bên trên nhận được từ các đầu đo ứng suất rất trùng với đường cong sức chống mũi cọc-chuyển vị nhận được trực tiếp từ hộp tải trọng trong thí nghiệm A. Thí nghiệm B cũng khá trùng cho biết ảnh hưởng của phần ma sát bên trên 18 m là không đáng kể. Sau đó đã tiến hành các thí nghiệm khác với 3 m trên tự do cũng cho thấy các kết quả tương tự. Nó cũng chứng tỏ trong trường hợp này ma sát tương tự nhau khi cọc bị nâng lên từ đáy hoặc bị ấn xuống từ đầu cọc.

### 3.5.2. So sánh với tính toán theo Cục Đường bộ liên bang Mỹ FHWA

Công ty Loadtest đã tiến hành lập tỷ số giữa sức chịu tải đo được và sức chịu tải giới hạn theo tính toán (M/E) cho 25 dự án thực tế. Nói chung tỷ số này tăng theo cường độ của đất nền đỡ cọc. Hình sau đây tổng hợp lại 25 số liệu đó. Các bảng 3. 1, 3. 2 và 3. 3 cho các số liệu chi tiết trong các loại đất , vật liệu trung gian và đá cứng.

Lưu ý rằng do trong thí nghiệm Osterberg thường chỉ xác định được giá trị giới hạn của một thành phần sức kháng nên tỷ số M/E thực tế có thể còn cao hơn.




***Hình 3.11:** Tỷ số M/E giữa các tải trọng giới hạn đo được và tính được.*

**Bảng 3.1 Các trường hợp trong nền đất**

| Số hiệu cọc | 38 | 46 | 106 |
|---|---|---|---|
| Vị trí | New Mexico | Los Angeles | Kentucky |
| Mục tiêu | Thí nghiệm cọc khoan 2,2m cho hệ móng thay thế | Thí nghiệm 28 cọc khoan đường kính 1,1m để giảm hệ số an toàn xuống 1,5 | Tách riêng các đặc trưng ma sát và sức chống mũi |
| Phương pháp | Ống vách 3,0m sau đó khoan trong vữa polyme xuống 22,3m. Đặt HTT O-Cell cách đáy 4m. Đổ bê tông đến cách mặt đất 5,8m | Khoan trần, khô đến 19,8m. Đặt O-Cell tại đáy cọc. | Cọc khoan 1,5m dưới nước đến 23,5m. Một HTT O-Cell đặt tại đáy và một hộp khác cách 17,7m. (Hai tầng). |
| Điều kiện | Đáy cọc chôn trong cuội sỏi lẫn cát.<br>N = 20 – 86.<br>Mực nước ngầm 13,4m vật liệu trung gian | Đáy cọc chôn trong cát và cuội sỏi, chặt đến rất chặt | Đến 3 0m là sét sau đó là cát mịn đến thô lẫn các lớp bùn. N = 7 – 30 dọc theo thân. Tại đáy N = 30 |
| Kết quả | Thử đến 37,7 MN. Tải trọng giới hạn theo tính toán = 10,3 MN.<br>M/E = 3.7 | Thử đến 10.7 MN.<br>M/E = 1, 2 | Thử đến 11.3 MN. Sức chống mũi = 3.1 MN⁺. Ma sát bên = 8,2MN.<br>M/E = 1.3. |

**Bảng 3.2 Các trường hợp trong vật liệu trung gian**

| Số hiệu cọc | 19 | 28 | 29 | 127 |
|---|---|---|---|---|
| Vị trí | Maryland | Kentuckey | Kentuckey | Massachusetts |
| Mục đích | Xác định các thành phần sức chống mũi và ma sát thành bên để thiết kế. Thí nghiệm một cọc khoan đường kính 0,9m. | Xác định sức chống mũi và ma sát thành bên để khẳng định các thông số thiết kế. Thí nghiệm cọc ngầm trong đá đường kính 1,8m. | Xác định sức chống mũi và ma sát thành bên để khẳng định các thông số thiết kế. Thí nghiệm cọc ngầm trong đá đường kính 1,8m. | Xác định sức chống mũi và ma sát thành bên để rút ngắn cọc nếu được. |
| Phương pháp | Ống vách 5,5m. Sau đó khoan khô đến 15,5m. Đặt hộp O.Cell tại đáy,đổ bê tông theo 2 giai đoạn để đạt ma sát bên và sức chống mũi giới hạn. | Ống vách cho đến mặt trên lớp đá dài 27,9m, sau đó khoan trong vữa polyme đến 45,7m Đặt hộp O.Cell tại đáy. | Ống vách cho đến mặt trên lớp đá dài 27,9m, sau đó khoan trong vữa polyme đến 33,5m. Đặt hộp O.Cell tại đáy. | Ống vách đến độ sâu 2,8m. Sau đó khoan khô đến 9,5m. O.Cell đặt tại đáy đoạn trong đá. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Điều kiện | Sét đến 4,6m, rồi đá xít phong hoá đến 19,8m. Cường độ chịu nén thoát nước 500 đến 2500 psi | Nước đến 18,9m sau đó cát và vôi sỏi đến 27,9m. Rồi đến đá phấn và đá vôi | Nước đến 18,9m sau đó cát và vôi sỏi đến 27,9m. Rồi đến đá phấn và đá vôi có kẹp than non | Đất đắp 1,5m rồi đến đá phấn đến 15m. Cường độ chịu nén thoát nước = 17,2MPa đến 20,7 MPa.<br>RQD = 17 |
| Kết quả | Ma sát bên giai đoạn 1,trung bình 720 KPa. Sức chống mũi = 8,6MN sức chịu tải tổng cộng vượt quá 17,8MN M/E > 2 | Ma sát bên 24,5MN (7mm) sức chống mũi = 26,7MN (81mm) M/E > 2. Chưa đạt đến sức chịu tải giới hạn. | Ma sát bên 25,8MN (7mm) sức chống mũi = 27,6MN (34mm) M/E > 2. Chưa đạt đến sức chịu tải giới hạn. | Ma sát bên 27,6MN (13mm) sức chống mũi = 28,0MN (20mm) M/E = 3,3. |

**Bảng 3.3 Các trường hợp trong đá cứng**

| Số hiệu cọc | 35 | 31 | 129 |
|---|---|---|---|
| Vị trí | Alabama | Kentuckey | Minnesota |
| Mục đích | Kiểm tra các thông số thiết kế đưa đến khả năng dùng cọc đường kính 0,9m | Thí nghiệm trần trên cọc dùng lại 0,9m (tải trọng thiết kế 1,8MN) | Thí nghiệm trước thiết kế để xác định các thông số ma sát cho thí nghiệm dọc trục trên cọc 1,2m (Cũng thực hiện thử tải trọng ngang đặt sâu |
| Phương pháp | Ống vách đến mặt trên lớp đá dài 17,7m . Sau đó khoan đến 22,6m trong nước. Hộp O.Cell 26,7MN đặt tại 22,1m. Đổ bê tông đoạn chôn trong đá 4, 4m. | Ống vách đến lớp đá dài 3m . Sau đó khoan khô đến 6,1m . Đặt hộp O. Cell tại đáy. Đổ bê tông tạo ngầm trong đá 2,0m. | Ống vách 15,0m sau đó khoan đến 55,0m. Đặt O.Cell cách đáy 4,5m (ngầm 3,5m bên trên O.Cell) |
| Điều kiện | Đắp cát và sét đến 8, 2m sau đó là đá vôi có khe hở lấp bằng sét. Cường độ chịu nén thoát nước của đá vôi = 100 ÷ 150 MPa. Mực nước ngầm 1,8m | Đắp đất và cát đến 3, 0m sau đó là đá vôi. Cường độ chịu nén thoát nước = 100 ÷ 140 MPa | Trên đắp 15m sau đó là đá sa thạch. Cường độ chịu nén thoát nước = 50 ÷ 58 MPa |
| Kết quả | Tải trọng ma sát 22,2MN (18mm)<br>Sức chống mũi 22,7MN (36mm)<br>M/E > 5,5 | Tải trọng ma sát 8,0 MN (2mm)<br>Sức chống mũi 8,0MN (4mm)<br>M/E > 9,3 | Tải trọng ma sát 21,8MN (33mm)<br>Tải trọng ma sát + sức chống mũi 21,8MN (15mm) |

### 3.5.3. Đánh giá ảnh hưởng của công nghệ thi công

Công ty Loadtest đã tiến hành tổng kết những ảnh hưởng của công nghệ thi công đến giá trị sức kháng thành bên và sức chống mũi huy động được qua một số công trình thực tế như trong bảng 3.4 dưới đây. Trong một số trường hợp do công nghệ thi công có thể làm giảm khả năng chịu tải thực tế của cọc khoan nhồi từ 5% đến 50% nếu cọc đo được thực hiện bằng công nghệ tốt hơn.

Một trong những ưu điểm của phương pháp Osterberg là có thể phát hiện là thành phần sức kháng nào, mũi hay thành bên không đạt được giá trị dự kiến một cách không bình thường. Vì vậy có thể tìm hiểu nguyên nhân và điều chỉnh công nghệ thi công nếu cần thiết. Trong trường hợp SS 23 do chiều dày đất nhỏ, dùng ngay gầu đào để làm sạch hố đào nên có sự xáo trộn đất cả ở thành lẫn đáy hố, bê tông đổ trực tiếp nên kết quả thí nghiệm đầu tiên chỉ đạt 0,3 MN cho ma sát bên. Sau đó điều chỉnh bằng cách dùng bentonit và đổ bê tông bằng ống tremie, kết quả là sức kháng bên tăng từ 15 kPa lên đến 70 kPa. Trong ví dụ SS 27 do ban đầu dùng công nghệ đào khô, không có dung dịch để cân bằng áp lực nước ngầm nên xảy ra xáo trộn đất chung quanh hố đào rất lớn. Sau đó dùng nước làm dung dịch ổn định khi đào và đã cải thiện rõ rệt như trên bảng đã nêu. Trong ví dụ SS 93 nhờ có công nghệ tạo rãnh khía trên tường vách hố đào đã cải thiện rõ rệt ma sát thành bên. Các ví dụ EB 128, EB 141 và EB 142 cho thấy ảnh hưởng của việc không làm sạch vật liệu xốp rời dưới đáy hố đào đến huy động sức chống mũi.

**Bảng 3.4 Ảnh hưởng của công nghệ thi công**

| Ảnh hưởng đến ma sát thành bên | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Số hiệu cọc | SS 23 | SS 27 | SS 108 | SS 93 | SS 93 |
| Đường kính (mm) | 990 | 910 | 910 | 1520 | 1520 |
| Chiều dài cọc (m) | 5,8 | 18,3 | 3,7 | 15, 2 | 15, 2 |
| Điều kiện đất nền | Cát | Đất sa bồi (bùn, cát) | 12,2m đất phủ trên đá phấn | sét | sét |
| Cột nước ngầm (m) | 2,1 | 10,7 | 15,2 | 15, 8 | 0, 6 |
| Phương pháp thi công | Vữa nhiều cát và đổ bê tông không đúng | Khoan khô không có vữa để cân bằng áp lực thuỷ tĩnh | Khoan khô có ống vách kéo đến đáy cọc | Khoan bằng ống vách kiểu lấy lõi không tạo rãnh | Khoan bằng ống kiểu lấy lõi thành bên có tạo rãnh |
| Kết quả thí nghiệm đầu tiên | 0,3MN (SS) | 0,4MN (SS) | 0,4MN (SS) | 7, 1MN (SS) 89mm | - |
| Kết quả thí nghiệm lặp lại | 1,6MN (SS) | 6,1MN (SS) (6mm) | 10,7MN (SS) | - | 10,7MN (SS) (2mm) |

| Ảnh hưởng đến sức chống mũi | | | |
|---|---|---|---|
| Số hiệu cọc | EB 128 | EB 141 | EB 142 |
| Đường kính (mm) | 610 | 860 | 1220 |
| Chiều dài cọc (m) | 6,7 | 13,1 | 13,7 |
| Điều kiện đất nền | Đá Grandnit phong hoá | Cát bùn chặt đến rất chặt ( L = 30-85) | Đá phong hoá,cát bùn (L = 30-100) |
| Cột nước ngầm (m) | - | 0,6 | 6,1 |
| Phương pháp thi công | Khoan khô. Chỉ làm sạch bằng gàu đào (Ước có 150 đến 200mm vật liệu xốp tại đáy cọc ). | Khoan khô. Chỉ làm sạch bằng gàu đào (Ước có 50 đến 80mm vật liệu xốp tại đáy cọc). | Khoan khô. Chỉ làm sạch bằng gàu ngoạm. Nước gi tại đáy. |
| Kết quả thí nghiệm | 8,0MN (33mm, SS) (127mm,EB ),102mm nén vật liệu xốp tại đáy. | 4,0MN (2,5mm, SS) 2,2MN (EB) (38mm), 32mm nén vật liệu xốp tại đáy. | 2,2MN (EB). (127mm). Ước 115mm nén vật liệu xốp tại đáy |

*Ghi chú:*

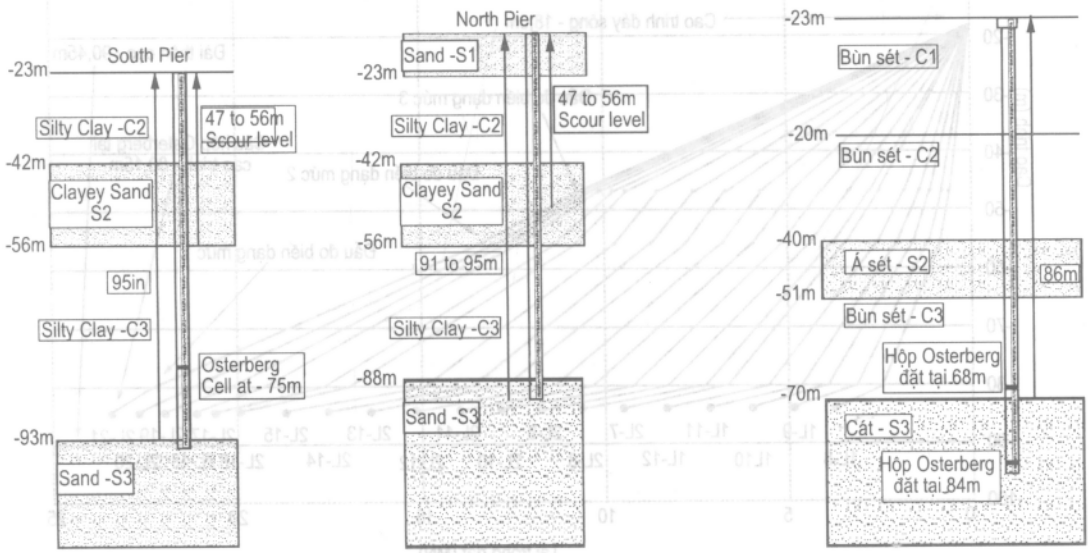
*SS: Thành phần ma sát bên*

*EB: Thành phần sức chống mũi*

### 3.5.4. Đánh giá qua một số công trình đã tiến hành tại Việt Nam

***A- Công trình cầu Mỹ Thuận***

Hai trụ tháp chính cầu Mỹ Thuận sử dụng mỗi trụ 16 cọc khoan nhồi đường kính 2,40m. Hai mố neo chính mỗi mố 2 cọc. Chiều dài cọc thay đổi từ 90m đến gần 100m. Đã tiến hành thử 5 cọc bằng phương pháp Osterberg, trong đó có hai cọc hai tầng hộp và 3 cọc một tầng hộp. Sơ đồ bố trí các cọc thử và điều kiện địa chất xem hình vẽ 3.12 dưới đây.




Trụ tháp Bắc và Nam. Trụ mố neo Nam.

***Hình 3.12:*** *Mặt cắt đất và sơ đồ bố trí các hộp tải trọng tại cầu Mỹ Thuận.*

Đối với cọc chất tải hai tầng hộp tiến hành theo các giai đoạn chất tải như sau (A là hộp ở mũi cọc, B là hộp ở thân cọc):

GĐ 1: Hộp B mở (không cản trở đoạn cọc AB chuyển dịch lên trên). Chất tải qua hộp A sẽ xác định được ma sát giới hạn đoạn AB.

GĐ 2: Hộp B đóng. Chất tải qua hộp A sẽ xác định được sức chống mũi giới hạn.

GĐ 3: Hộp A đóng (mũi cọc làm việc bình thường). Chất tải qua hộp B sẽ xác định được ma sát giới hạn đoạn từ B trở lên đầu cọc.

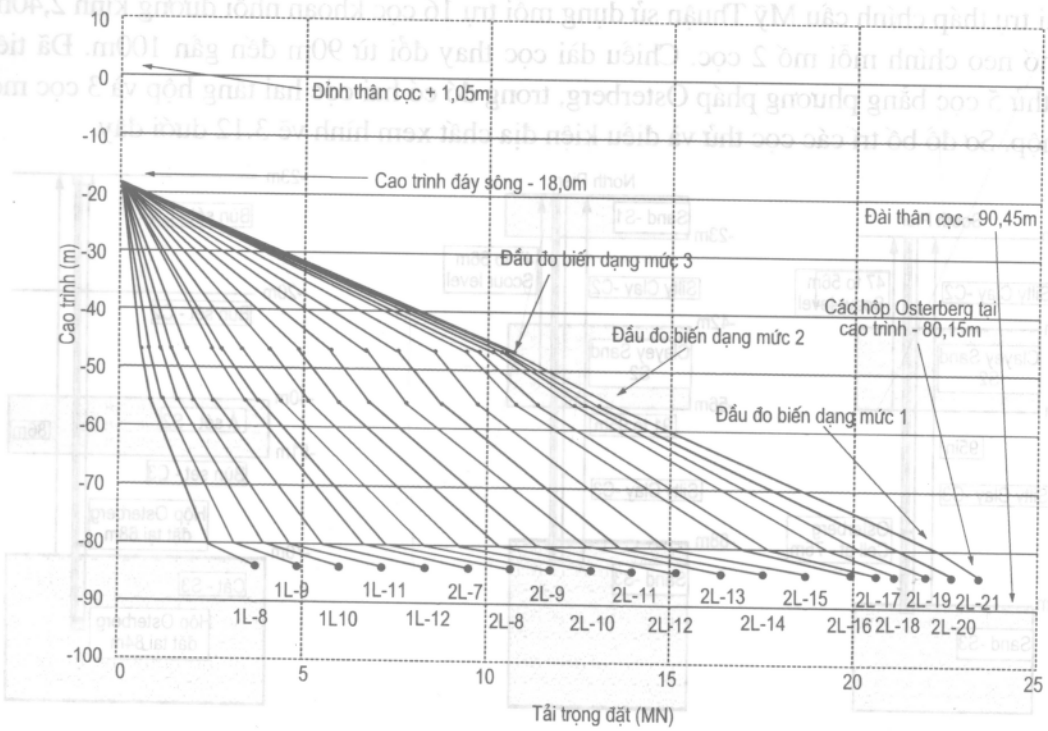
Sức chịu tải của cọc được xác định theo tổng ba thành phần đã xác định trong ba giai đoạn thử tải trên.

Từ các kết quả thử đã rút ra kết luận như sau:

a) Ma sát đơn vị thành bên thu được nhỏ hơn trị số tính toán dự kiến theo khảo sát SPT (đạt từ 50 đến 80% giá trị dự kiến). Theo nhận định của các chuyên gia Đức, Mỹ, Ôxtrâylia thì có các nguyên nhân sau:

+ Do đường kính cọc lớn nên khi đông cứng bê tông có hiện tượng co ngót nên kém tiếp xúc với thành đất chung quanh.

+ Do công nghệ thi công có sử dụng vữa bentonit và áp lực dung dịch vữa lên thành vách lớn nên khi đào (do cọc dài nên quá trình đào kéo dài) đã hình thành một vỏ sét cứng, nhẵn ảnh hưởng đến hình thành ma sát giữa bê tông và thành đất bao quanh. Để khắc phục người ta đã dùng thiết bị tạo nhám cho thành vách này.




***Hình 3.13**: Các đường cong phân bố tải trọng ma sát nhận được từ các đầu đo biến dạng. Cọc thí nghiệm số P2/12 Trụ tháp Bắc- Cầu Mỹ Thuận.*

b) Các số liệu về sức chống mũi tương đối phù hợp giữa tính toán và thí nghiệm.

Để kiểm tra độ chính xác của các số liệu thí nghiệm như tải trọng do hộp Osterberg tạo ra, các giá trị ma sát thành bên và sức chống mũi, người ta đã gắn các đầu đo biến dạng dọc theo thân cọc (instrumented pile testing method) để tính sự truyền lực dọc thân cọc trong quá trình thí nghiệm. Các số liệu khá phù hợp nhau như trên hình vẽ trên đây cho cọc P2/12 ở trụ tháp Bắc.

***B- Công trình nhà cao tầng 27 Láng Hạ - Hà Nội***

Tại công trình "Khu nhà ở tiêu chuẩn cao kết hợp văn phòng" tại 27 Láng Hạ - Hà Nội đã tiến hành thí nghiệm thử tải theo phương pháp Osterberg cho hai cọc barrette số hiệu B13 (1,5 × 2,8 $m^2$) và B41 (1,0 × 2,8 $m^2$) .

Việc đánh giá sức chịu tải giới hạn hai cọc này đã có một số quan điểm khác nhau giữa đơn vị trực tiếp thử tải là công ty Loadtest Singapore và đơn vị tư vấn về công tác nền móng là Trung tâm Kỹ thuật Nền móng công trình - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

Theo công ty Loadtest và dựa trên phương pháp xây dựng đường cong chất tải đầu cọc tương đương thì tuỳ theo sự lựa chọn tiêu chuẩn xác định tải trọng giới hạn có các sức chịu tải của hai cọc này như sau:

Cọc B13: 4100 tấn đến 4300 tấn.

Cọc B41: 3000 tấn đến 3150 tấn.

Khi nhận xét về sự chênh lệch với tính toán theo SPT họ cho rằng có thể do nguyên nhân khảo sát địa chất và công nghệ thi công, đặc biệt công tác làm sạch đáy hố đào trước khi đổ bê tông thân cọc.

Theo nhận xét của Trung tâm Kỹ thuật nền móng công trình thì sự chênh lệch này có thể do hai nguyên nhân:

a) Khi áp dụng công thức của FHWA, 1999 để tính sức chịu tải đã không chú ý đến năng lượng có hiệu của thiết bị tiêu chuẩn SPT. Vì theo GS Vũ Công Ngữ ở nước ta tỷ lệ năng lượng hữu ích của thiết bị này thường không đạt 60% như yêu cầu của tiêu chuẩn nên trị số N thường cao hơn số đọc N nếu dùng thiết bị tiêu chuẩn. Theo đánh giá của GS và theo tính toán thử qua hai số liệu thí nghiệm nếu dùng công thức chuyển đổi N về số đọc của thiết bị tiêu chuẩn với giả thiết năng lượng hữu ích của SPT ở ta là 45% thì khá phù hợp với kết quả thí nghiệm. Xem kết quả dưới đây:

Nếu $E_h$ = 60%:

B13: $P_u$ = 5430 ~ 5670 tấn (tính theo FHWA, 1999)

B41: $P_u$ = 4050 ~ 4260 tấn (tính theo FHWA, 1999)

Nếu $E_h$ = 45%:

B13: $P_u$ = 4080 ~ 4280 tấn (tính theo FHWA, 1999)

B41: $P_u$ = 2945 ~ 3120 tấn (tính theo FHWA, 1999)

Theo kết quả thí nghiệm Osterberg (đường cong tương đương)

B13: $P_u$ = 4320 tấn

B41: $P_u$ = 2990 tấn

"Mặc dù tựa trên lớp cuội sỏi rất chặt, cả lý thuyết và thực nghiệm đều chứng tỏ cọc barrette làm việc chủ yếu nhờ ma sát. Có thể tạm giải thích như sau:

+ Sau khi đào hố và thổi rửa xong, vẫn còn cặn lắng ở đáy hố;

+ Công nghệ khoan gắp không thể gắp hết cuội sỏi mà mũi khoan đã xới lên. Công nghệ thổi rửa cũng không thể thổi được các cuội sỏi cỡ lớn. Bởi vậy sau khi thi công, đất ở mũi cọc là cuội sỏi"rời, chặt vừa"chứ không phải cuội sỏi "rất chặt"".

b) GS Ngữ kiến nghị không lấy giá trị sức chịu giới hạn theo đường cong tương đương (đồng chuyển vị) mà theo cách đồng hệ số an toàn, tức là lấy các giá trị giới hạn ma sát bên và mũi tìm được trong thí nghiệm Osterberg chia cho cùng một hệ số an toàn. Kết quả là với B13 thì [P] = 1400 ~ 1500 tấn và với B41 thì [P] = 1100 ~ 1300 tấn khi hệ số an toàn cho cả hai thành phần là 2. *Giá trị kiến nghị này của Trung tâm Kỹ thuật nền móng công trình thấp hơn rất nhiều giá trị đề nghị của Loadtest.*

Theo ý kiến của nhóm nghiên cứu thì đề nghị của Trung tâm Kỹ thuật nền móng công trình có mấy điểm cần trao đổi thêm như sau:

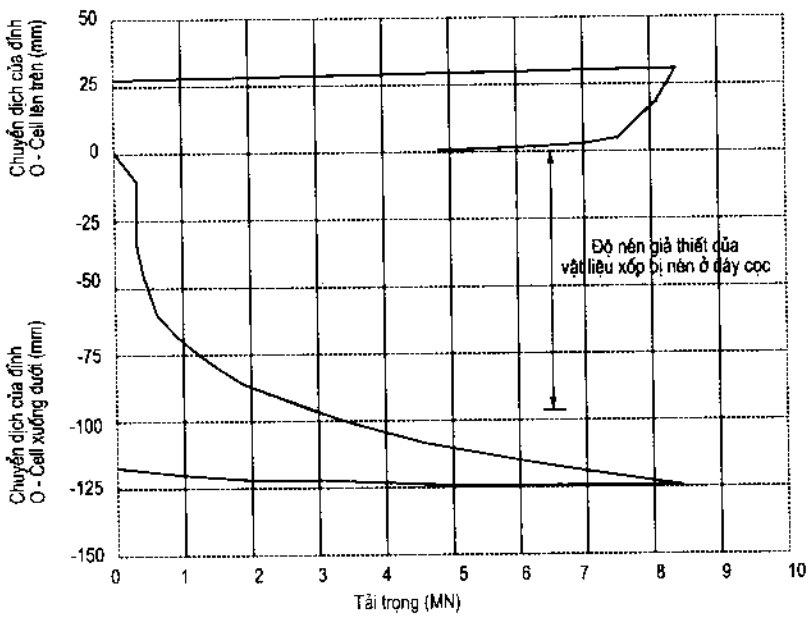
+ Công nghệ thi công ở 27 Láng Hạ chưa thể đánh giá là có chất lượng cao về cả công nghệ đào - thổi rửa cũng như đổ bê tông nên các giá trị thu được thấp hơn tính toán là chuyện bình thường (như đã xảy ra ở cầu Mỹ Thuận đối với giá trị ma sát bên - chỉ đạt 50 ~ 80% dự kiến. Tại đây đạt khoảng 45/60 = 75% là tương đối cao).

+ Việc điều chỉnh hệ số năng lượng hữu ích của SPT xuống 45% cho phù hợp giữa tính toán và thí nghiệm là chưa hợp lý vì chỉ có thể điều chỉnh số liệu khảo sát (xem như khảo sát chưa chính xác) khi đã xem như công nghệ thi công không còn vấn đề gì cần xem xét nữa.

+ Kiến nghị chọn giá trị [P] theo hai thành phần có cùng giá trị hệ số an toàn chưa hợp lý. Theo kinh nghiệm của nước ngoài ở cầu Mỹ Thuận người ta đưa vào hệ số thành phần là từ 0,72 đến 0,90, đây là hệ số nhân với giá trị giới hạn sức chống mũi, còn ma sát bên có hệ số là 1,0. Giá trị này chọn trên cơ sở đường cong chất tải tương đương.

+ Điều còn băn khoăn ở đây là độ lún khi hai thành phần ma sát và thành bên đạt đến giới hạn là chênh nhau nhiều. Theo báo cáo của Loadtest tại ví dụ EB 128 (xem bảng 3.4

ở phần trên và hình vẽ dưới đây) thì chỉ sau khi đã lún hết phần vật liệu xốp rời thì hộp tải trọng mới huy động được áp lực.




***Hình 3.14:*** *Các đường cong tải trọng – chuyển vị Osterberg trong ví dụ EB 128.*

## 3.6. NHẬN XÉT

Như vậy về cơ sở lý thuyết, phương pháp thử tải trọng O-Cell đã dựa vào các giả thiết cơ bản như sau:

+ Quan hệ tải trọng - chuyển vị không phụ thuộc vào chiều đi lên hay đi xuống.

+ Xác định tải trọng dão cho hai thành phần ma sát thành bên và sức chống mũi theo các quy định như trong thử tải PMT cuả ASTM.

+ Xây dựng cách tính gần đúng để loại trừ ảnh hưởng của độ nén đàn hồi trong cọc.

Có thể thấy rằng giả thiết đầu tiên ảnh hưởng nhiều nhất đến độ chính xác của phương pháp thử vì nó không xét đến sự làm việc đồng thời của hai thành phần sức kháng thành bên và sức kháng mũi.

Chương 4

# TRÌNH TỰ CÔNG NGHỆ THỬ TẢI BẰNG HỘP TẢI TRỌNG OSTERBERG

## 4.1. TỔNG QUÁT VỀ THÍ NGHIỆM

### 4.1.1. Các thiết bị sử dụng trong thí nghiệm và một số yêu cầu kỹ thuật chính

#### *4.1.1.1. Hộp tải trọng Osterberg*

Hộp tải trọng (HTT) Osterberg là bộ phận quan trọng nhất của công nghệ này. Đây là một kích thuỷ lực, có hình lăng trụ tròn khi dùng cho cọc khoan nhồi và hình hộp vuông hay chữ nhật khi dùng cho cọc đóng. Chất lỏng dùng để tạo áp lực là hỗn hợp dầu và nước sạch. Hiện nay, Công ty LOADTEST giữ độc quyền về công nghệ sản xuất và thường sản xuất một số loại kích sau:

Cho cọc khoan nhồi:

| Khả năng sinh tải (Tấn) | Đường kính (Insơ) | Chiều cao (Insơ) | Hành trình (Insơ) | Tự trọng (KG) |
|---|---|---|---|---|
| 40 | 4 | 5-3/16 | 3 | 9 |
| 75 | 5-1/4 | 5-3/16 | 3 | 14,5 |
| 200 | 9 | 10-3/4 | 6 | 86 |
| 400 | 13 | 11-5/8 | 6 | 135 |
| 1000 | 21-1/4 | 11-5/8 | 6 | 360 |
| 3000 | 34-1/4 | 12-1/8 | 6 | 495 |

Cho cọc đóng:

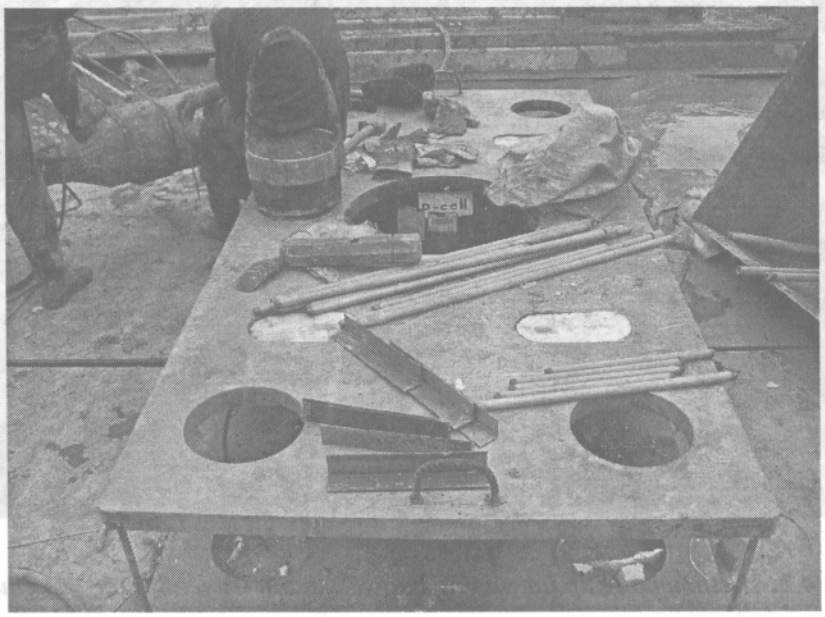
| Khả năng sinh tải (T) | Kích thước (insơ) | Hành trình (insơ) |
|---|---|---|
| 300 | 18 $(insơ)^2$ dùng cho cọc bê tông đúc sẵn | 6 |
| 500 | 14$(insơ)^2$ tiêu chuẩn (cọc bê tông đúc sẵn) | 6 |
| 800 | 18 $(insơ)^2$ dùng cho cọc ống | 6 |

Trong những trường hợp đặc biệt, cần thiết người ta có thể thiết kế và cho chế tạo những hộp kích có kích thước và năng lực phù hợp với yêu cầu của thí nghiệm tại các công trình cụ thể

#### *4.1.2.2. Các thiết bị khác*

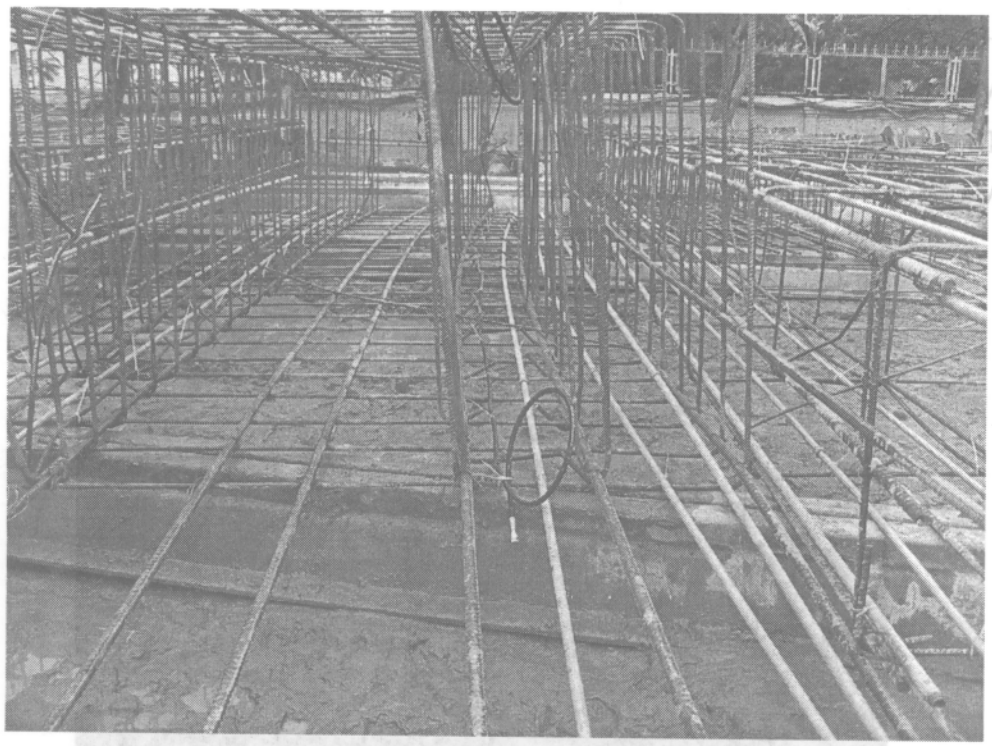
- Máy bơm cao áp và hệ thống ống dẫn áp lực.
- Hệ thống đo chuyển vị đầu cọc và mũi cọc.

- Hệ thống đo áp lực.
- Máy bơm vữa áp lực cao và hệ thống ống dẫn vữa
- Thiết bị ghi nhận số liệu và xử lý tại chỗ: Dataloger, Indicater.
- Máy tính với phần mềm xử lý kết quả.

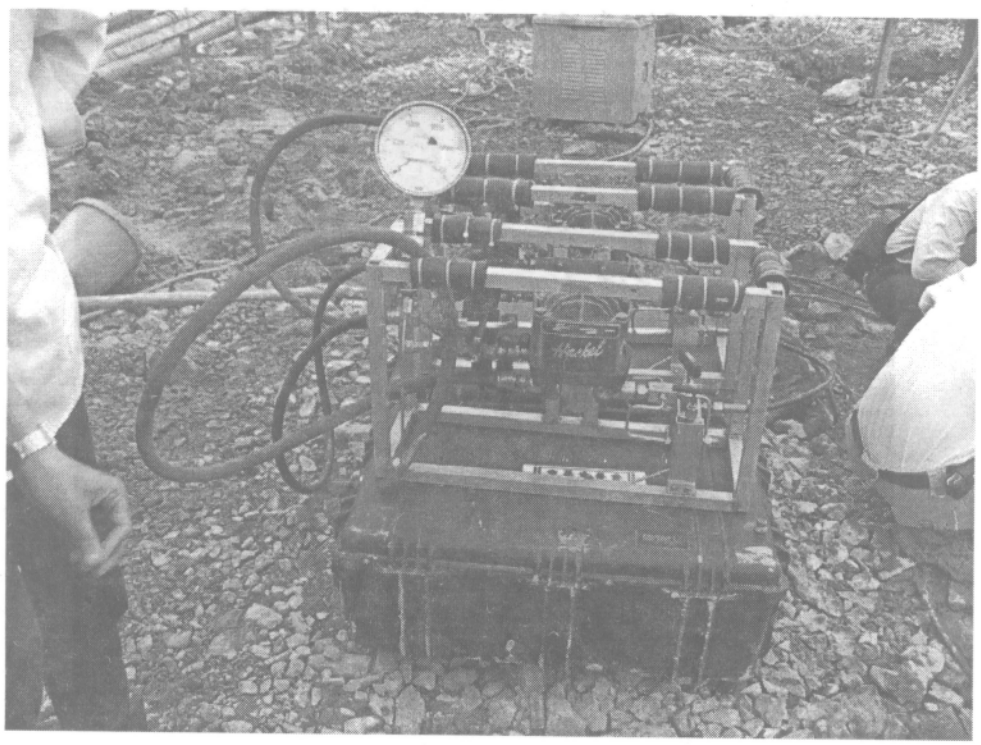


***Hình 4.1a:*** *Các tấm thép trên và dưới của HTT Osterberg;*

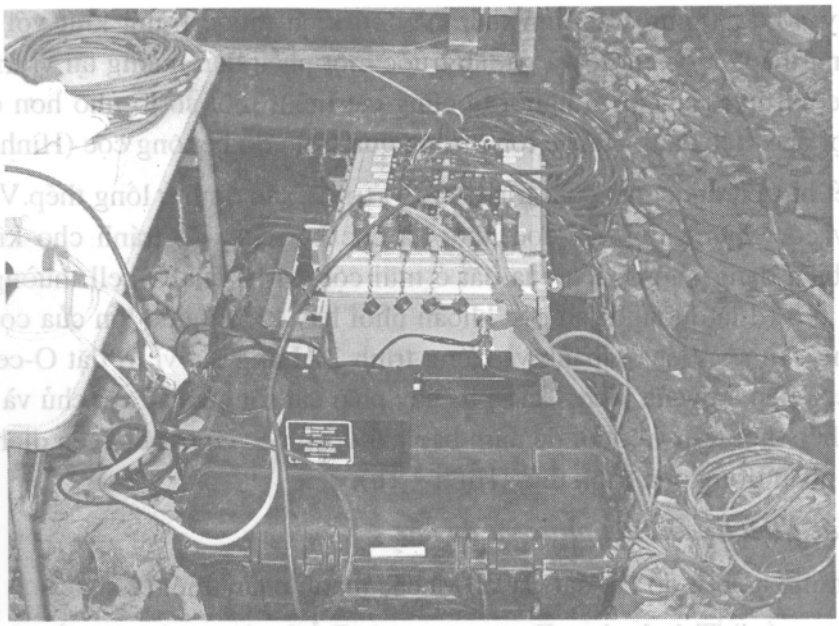
***Hình 4.1b:*** *Hộp kích (2 × 1.500) tấn được sử dụng để thử tải cọc barrette tại công trình 27 Láng Hạ.*



*Hình 4.2: Hệ thống ống áp lực và ống bảo vệ "thanh truyền" (mốc đo) chuyển vị.*



*Hình 4.3: Bơm áp lực*



*Hình 4.4: Bộ phận thu nhận số liệu (Dataloger)*

#### *4.1.1.3. Tóm tắt các bước thực hiện*

Quá trình thí nghiệm được thực hiện qua các bước sau:

- Lắp (các) hộp Osterberg, các đường dẫn áp lực và các thiết bị khác vào khung thép của cọc khoan nhồi.

- Khi việc thi công hố cọc đã hoàn thành, tiến hành đổ một lớp bê tông lót đáy hố đào,ngay sau đó tiến hành đặt khung cốt thép đã gắn đầy đủ các thiết bị thí nghiệm lên bê tông ở đáy.

- Tiến hành đổ bê tông thân cọc

- Lắp đặt hệ thống đo chuyển vị và áp lực

- Gia tải theo quy trình thí nghiệm và thu nhận các kết quả đo chuyển vị và áp lực

- Kết thúc thí nghiệm và lập báo cáo thí nghiệm

- Bơm vữa vào bên trong và xung quanh hộp tải trọng Osterberg theo công nghệ đã được chuẩn bị trước (nếu cọc thử sẽ được dùng lại trong công trình)

## 4.2. TRÌNH TỰ CÔNG NGHỆ THỬ TẢI BẰNG HTT OSTERBERG

### 4.2.1. Chuẩn bị hộp kích và thiết bị đo đạc

#### *4.2.1.1. Chuẩn bị hộp kích (O-cell)*

- Số lượng, năng lực của kích được lựa chọn theo thiết kế thí nghiệm và đều có chứng chỉ xuất xưởng của nhà sản xuất. Mặt trên và dưới của các hộp kích được hàn với hai

tấm thép dầy 40 ÷ 50mm. Các tấm thép này có kích thước trùng khít với kích thước trong của lồng thép, được cắt lỗ và gá lắp trước một phễu dẫn hướng tại vị trí ống đổ bê tông (Tremiec)đi qua. Ngoài ra người ta cũng cắt thêm một số lỗ nhỏ hơn để tạo điều kiện thuận lợi cho việc dâng vữa bê tông trong quá trình đổ bê tông cọc (Hình 4.1a).

- Các thiết bị trên được gắn chặt trước vào vị trí đã xác định ở lồng thép.Vị trí này có thể là ở đáy cọc nhưng đối với cọc nhồi và cọc barrette, để tránh cho kích khỏi bị nghiêng do biến dạng không đều của đất ở mũi cọc, vị trí của O-cell thường cách mũi cọc ít nhất 1,5 d (d là đường kính cọc khoan nhồi hay kích thước lớn của cọc barrette). Tại công trình Trụ sở Vietcombank và Công trình 27 Láng Hạ vị trí đặt O-cell là 3,0 m tính từ mũi cọc đến đáy của kích. Tại vị trí này phải cắt rời hết các cốt chủ và hàn chúng với hai tấm thép thớt trên và dưới để đảm bảo hai đoạn cọc có thể chuyển dịch tương đối và trái chiều nhau trong quá trình thử. (Hình 4.1b).

***4.2.1.2. Các thiết bị, chi tiết phục vụ đo đạc***

Hình 4.5 minh hoạ sơ đồ lắp đặt O-Cell và các thành phần thiết bị khác.

- *"Thanh truyền"* (Teltale, hay Extensometer): Để đo được các chuyển vị của các bộ phận ở bên dưới của cọc người ta sử dụng các thanh truyền làm bằng thép không gỉ, đường kính 8mm, chiều dài từng đoạn là 1m, 1,5m hay 2m. Các đoạn được vặn ren để nối lại với nhau một cách dễ dàng. Đầu dưới của thanh truyền tì vào bộ phận cần đo chuyển vị; Đầu trên gắn với một chốt thép lập phương cạnh 30mm (mặt trên của chốt đặt một miếng gương để chân của các Tranducer tỳ vào).Toàn bộ các thanh truyền được bảo vệ bởi ống vách nhỏ d = 20 - 25mm (ở Việt Nam thường dùng các ống cấp nước tráng kẽm (Hình 4.2)).

- *Các đầu đo chuyển vị.*

Hiện nay phổ biến dùng các đầu đo điện tử:

- Đầu đo LVDT (Linear Variable Displacement Tranducer - Thiết bị đo biến dạng tuyến tính) chia vạch đến 0,025 mm và đo được chuyển vị cực đại là 100 mm.

- Đầu đo LVWDT (Linear Vibrating Wire Displacement Tranducer - Thiết bị đo biến dạng dây rung tuyến tính) được chia vạch đến 0,01mm và đo được chuyển vị cực đại là 150mm.

- Cũng có thể sử dụng các đồng hồ đo theo phương pháp cơ học (Thiên phân kế-Indicater) hoặc kết hợp cả hai loại để kiểm tra, đối chứng.

- *Đầu đo áp lực*: Áp lực chất lỏng tại vị trí bơm được đo nhờ một đồng hồ cơ học lắp với máy bơm. Áp lực trong kích được đo nhờ một đầu đo lắp với ống áp lực nối từ các O-cell kéo lên trên mặt đất

**4.2.2. Thi công cọc thử**

Sau khi lỗ khoan cọc được chuẩn bị xong, đoạn lồng thép thứ nhất có lắp hộp O-cell và thiết bị đo được hạ vào lỗ cọc, các đoạn lồng thép tiếp theo cũng được lắp đặt như việc thi

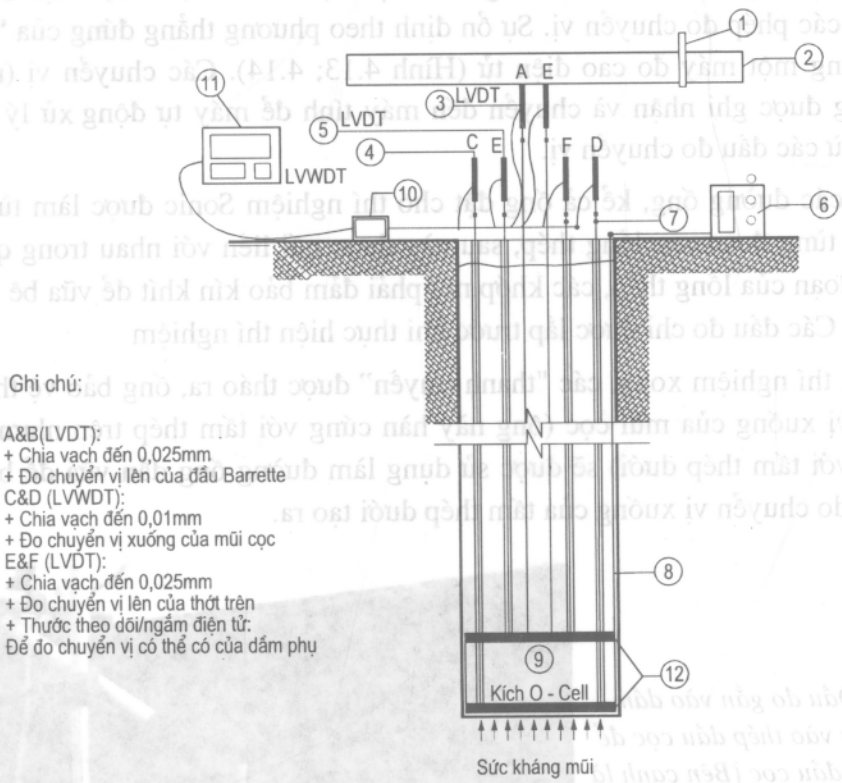
công các cọc khác. Khi cẩu lắp khung cốt thép từ vị trí nằm ngang để đưa vào hố cần phải có biện pháp và các khung đỡ thích hợp để đảm bảo không làm hỏng các thiết bị.

Sau khi kiểm tra đúng độ sâu của hộp O-cell hai ống đổ bê tông (ống Tremie) được hạ xuống qua lỗ khoét trên các tấm thép như đã trình bày trong phần trên và tiến hành đổ bê tông cọc thử như thi công cọc thông thường.

Nên sử dụng phụ gia đông cứng nhanh để bê tông nhanh chóng đạt cường độ thiết kế, nhờ đó có thể tiến hành thí nghiệm sớm. Khi đúc các mẫu bê tông, ngoài các mẫu để kiểm tra theo quy định thi công bê tông cần có thêm từ 2 đến 3 tổ mẫu để kiểm tra vào trước và đúng ngày thử tải.

### 4.2.3. Lắp đặt hệ thống đo đạc và thu nhận số liệu

Hình 4.5 trình bầy sơ đồ lắp đặt hệ thống các thiết bị đo đạc cho thí nghiệm:




***Hình 4.5:*** *Sơ đồ lắp đặt hộp kích và các thiết bị đo đạc*

*1. Thước theo dõi chuyển vị dầm; 2. Dầm(Mốc cố định);*
*3. (A&B)-LVDT đo chuyển vị đầu cọc. 4(C&D)-LVDT. Đo chuyển vị tấm thép đáy;*
*5(E&F). Đo chuyển vị tấm thép trên; 6. Máy bơm; 7. Thanh truyền; 8. Đường dẫn áp lực;*
*9. Kích O-cell; 10. Bộ thu số liệu; 11. Máy tính; 12. Tấm thép.*

- 2 đầu đo LVDT (A và B), lắp đặt với dầm mốc và thép đầu cọc (Hình 4.6) để đo chuyển vị lên của đầu cọc.

- 4 đầu đo LVWDT (C, D) lắp đặt với thép đầu cọc và các thanh truyền tỳ vào tấm thép đáy của hộp Ocell để đo chuyển vị xuống của mũi cọc so với đầu cọc (Hình 4.7).

- 4 đầu đo LVDT (E, F) lắp đặt với thép đầu cọc và các thanh truyền tỳ vào tấm thép trên của hộp Ocell để đo chuyển vị lên của tấm thép trên so với đầu cọc.

- Đầu đo áp lực được kết nối với các O-Cell,bơm cao áp và hệ thống ống dẫn theo sơ đồ. (Hình 4.8).

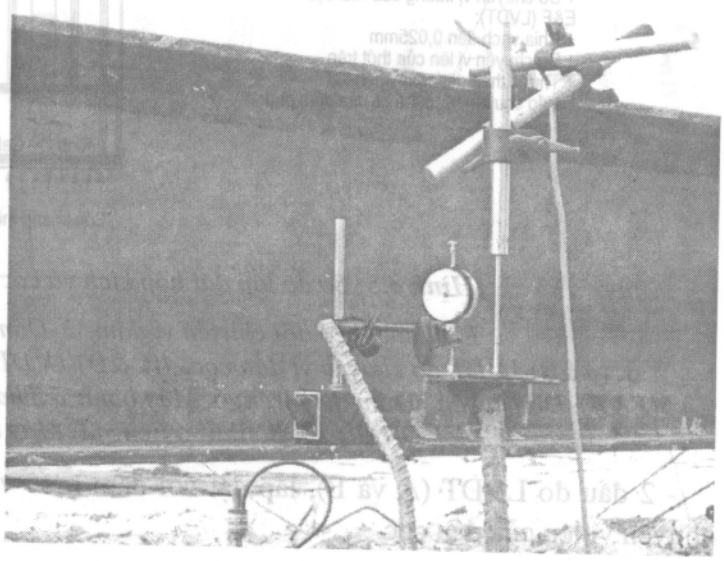
- Đầu đo áp lực chỉ được lắp sau khi bơm đã hoạt động, bơm đẩy toàn bộ hỗn hợp dầu-khí ở trong các O-Cell và trong toàn bộ đường ống dẫn ra ngoài (Khi dòng nước phun ra đều và đầy ống (Hình 4.9; 4.10).

- Toàn bộ các đầu đo chuyển vị và áp lực được nối với bộ thu số liệu (Hình 4.4. Data Electronics Geologger). Bộ thu số liệu lại được kết nối với một máy tính xách tay, như vậy, tất cả các số liệu sẽ liên tục được thu nhận vào bộ nhớ của máy tính (Hình 4.15).

- Một dầm thép I400 kê trên hai gối cố định (Hình 4.11; 4.12) được sử dụng làm *"mốc"* cho các phép đo chuyển vị. Sự ổn định theo phương thẳng đứng của *"mốc"* được theo dõi bằng một máy đo cao điện tử (Hình 4.13; 4.14). Các chuyển vị (nếu có) của *"mốc"* cũng được ghi nhận và chuyển đến máy tính để máy tự động xử lý các số liệu nhận được từ các đầu đo chuyển vị.

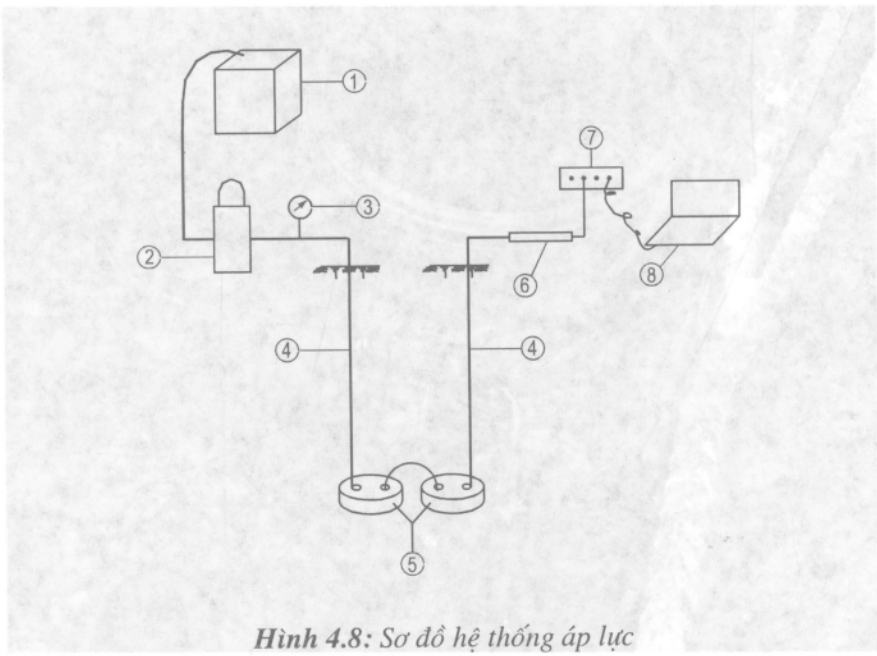
- Tất cả các đường ống, kể cả ống đặt cho thí nghiệm Sonic được làm từng phần và liên kết với từng đoạn của lồng thép, sau này được nối liền với nhau trong quá trình hạ và nối các đoạn của lồng thép, các khớp nối phải đảm bảo kín khít để vữa bê tông không lọt vào ống. Các đầu đo chỉ được lắp trước khi thực hiện thí nghiệm

- Sau khi thí nghiệm xong, các "thanh truyền" được tháo ra, ống bảo vệ thanh truyền đo chuyển vị xuống của mũi cọc (ống này hàn cứng với tấm thép trên nhưng đầu dưới chỉ hàn gá với tấm thép dưới) sẽ được sử dụng làm đường ống dẫn vữa để bơm vữa bịt kín lỗ rỗng do chuyển vị xuống của tấm thép dưới tạo ra.



***Hình 4.6:*** *Đầu đo gắn vào dầm-mốc, chân tỳ vào thép đầu cọc để đo chuyển vị đầu cọc (Bên cạnh là đồng hồ đo cơ học).*

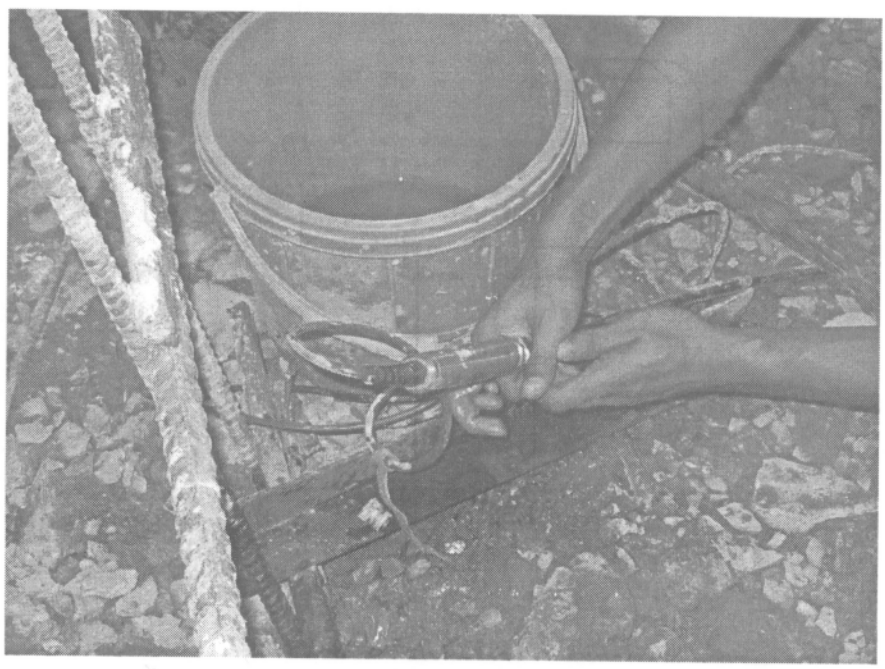
***Hình 4.7:*** *Đầu đo lắp vào thép đầu cọc,chân tỳ vào thanh truyền để đo chuyển vị các chi tiết của hộp kích Ocell dưới đáy cọc*



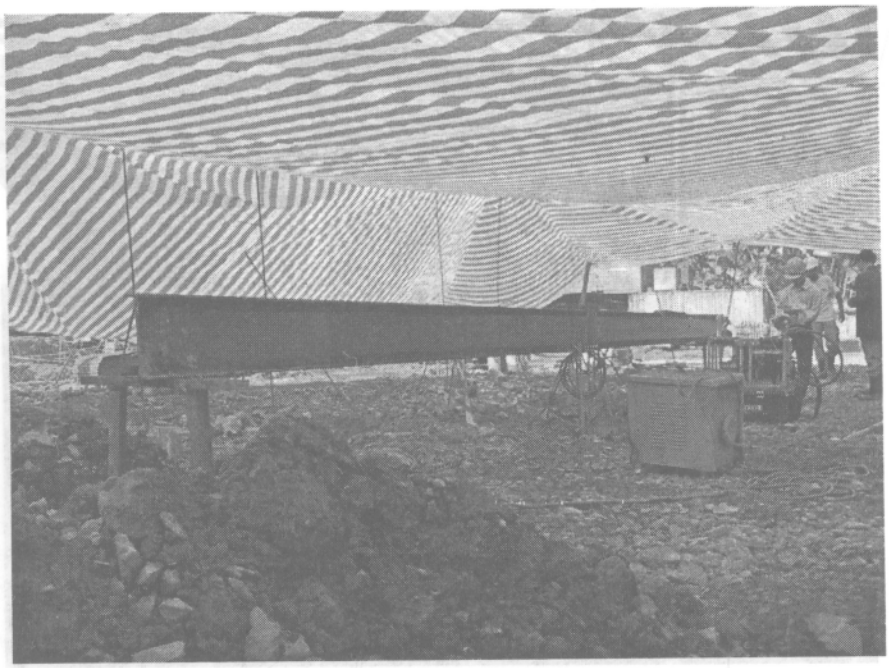

***Hình 4.8:*** *Sơ đồ hệ thống áp lực*

*1. Thùng cấp nước; 2. Bơm; 3. Đồng hồ áp lực tại máy bơm; 4. Ống dẫn chịu áp; 5. Kích O-cell; 6. Đầu đo áp lực điện tử; 7. Bộ thu số liệu; 8. Máy tính.*

***Hình 4.9:*** *Đầu ống sẽ lắp đầu đo áp lực*
*(Tại thời điểm đang bơm đẩy khí ra khỏi kích O-cell và đường ống dẫn)*

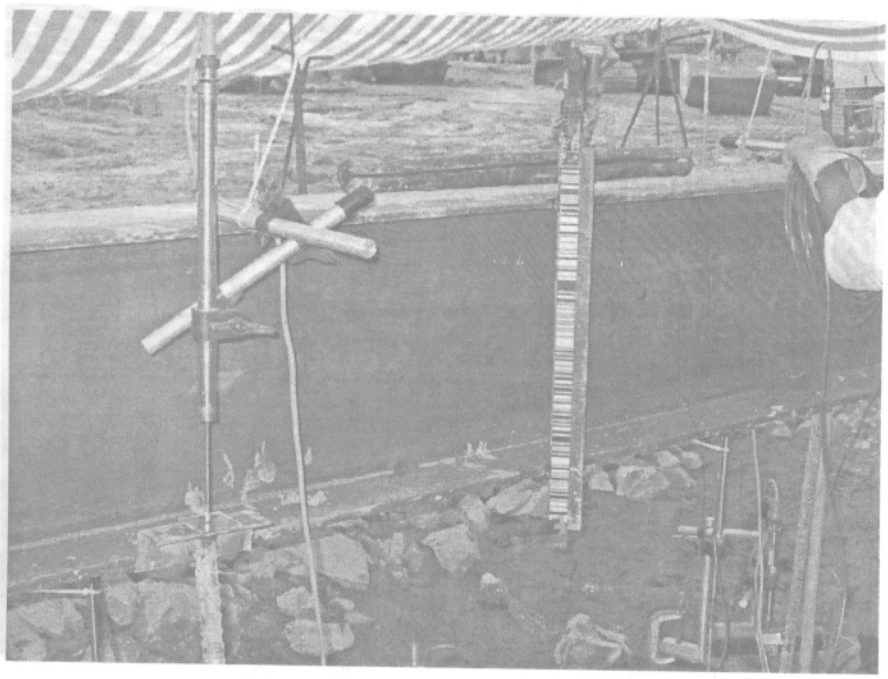


***Hình 4.10:*** *Đầu đo áp lực đã được lắp vào ống áp lực*

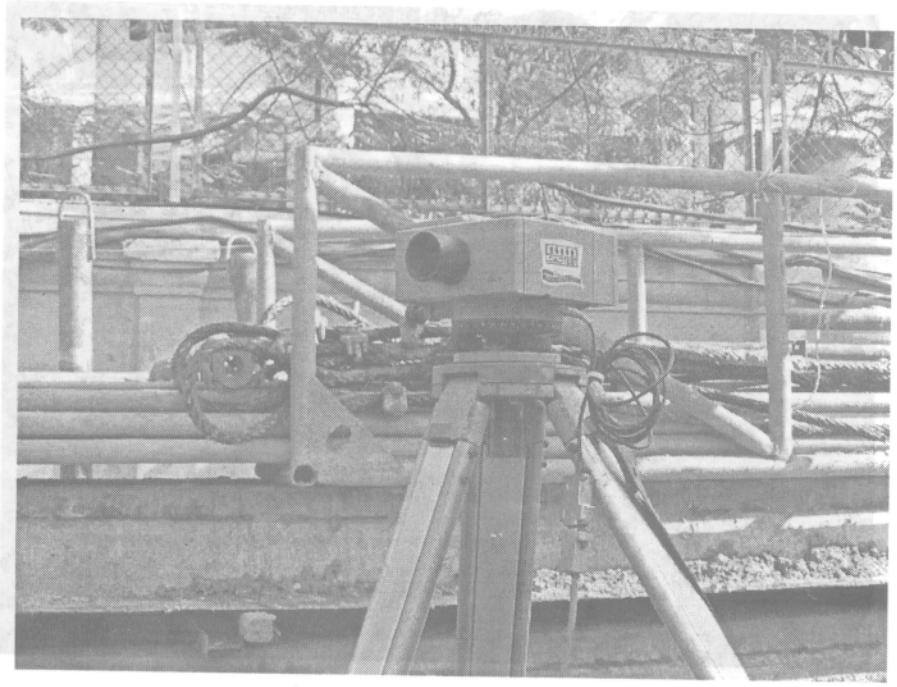


***Hình 4.11:*** *Dầm I 400 dùng làm mốc cố định đo chuyển vị*

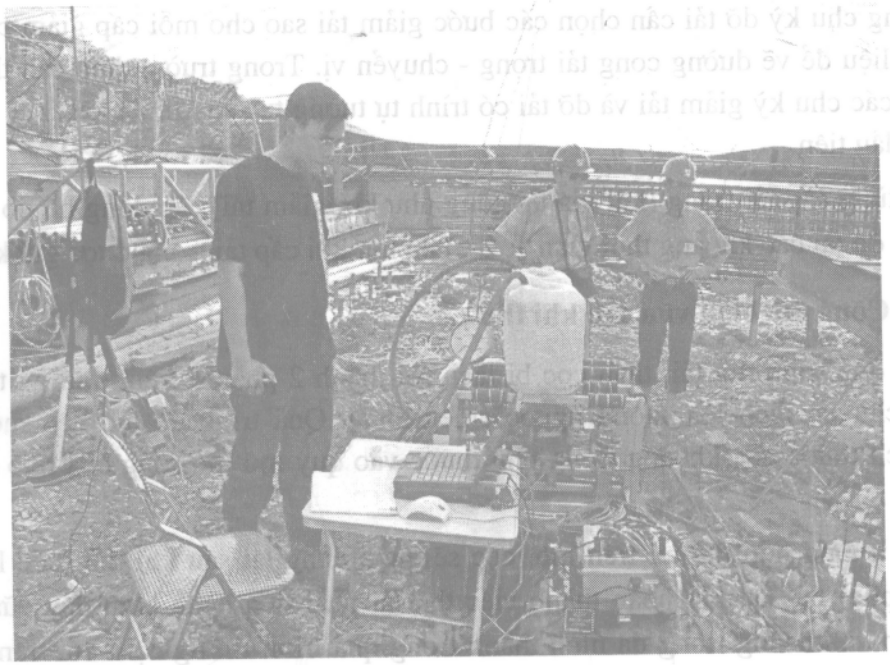
***Hình 4.12:*** *Gối tự do tại một đầu dầm I 400*



***Hình 4.13:*** *Thước theo dõi chuyển vị của dầm-mốc cố định*



***Hình 4.14:*** *Máy đo cao điện tử theo dõi chuyển vị của dầm-mốc cố định*



*Hình 4.15: Toàn cảnh cụm thiết bị: Thùng nước cấp cho bơm, máy bơm cao áp, bộ phận thu nhận số liệu và máy tính*

### 4.2.4. Gia tải

#### *4.2.4.1. Phương pháp và tiêu chuẩn áp dụng*

- Tải trọng đặt thông qua việc tăng áp lực hỗn hợp nước +dầu trong hộp tải trọng thông qua hệ thống ống dẫn đặt trước trong cọc và được theo dõi bằng các đồng hồ đo áp lực gắn trên máy bơm và đầu đo điện tử (Theo sơ đồ đã trình bầy trong phần trên).

- Việc tăng tải được thực hiện theo các quy định trong tiêu chuẩn Hoa Kỳ ASTM D1143: Phương pháp gia tải nhanh (Quick Load Test Procedures - ASTM 1995).

#### *4.2.4.2. Cấp tải thí nghiệm*

- Mỗi cấp tải thường có áp lực là 10% [P] (Cũng có thể lựa chọn các cấp tải ban đầu có trị số nhỏ hơn (bằng 5%[P]). Các bước gia tải sau đó có thể tăng lên hoặc giảm đi tuỳ theo sự ứng xử của cọc trong khi thử)- [P] là sức chịu tải cho phép của cọc thử. Mỗi cấp tải được giữ trong vòng 8 phút. Các thao tác để tăng cấp tải sẽ chiếm khoảng 1 đến 2 phút.

- Tải trọng được tăng theo từng cấp như đã nêu cho đến khi thân cọc đạt sức chịu tải giới hạn theo sức chống mũi, hoặc theo ma sát thành bên; hoặc cho đến khi đạt khả năng tạo tải cực hạn, hoặc khi đạt tới độ mở rộng cực hạn của hộp tải trọng Osterberg; hoặc theo những yêu cầu riêng của người thiết kế, kỹ sư tư vấn.

- Trong chu kỳ dỡ tải cần chọn các bước giảm tải sao cho mỗi cấp giảm có ít nhất 4 điểm số liệu để vẽ đường cong tải trọng - chuyển vị. Trong trường hợp cần thiết có thể bổ sung các chu kỳ giảm tải và dỡ tải có trình tự tương tự sau khi đã kết thúc chu kỳ thí nghiệm đầu tiên.

- Tại từng cấp tải trọng (khi gia tải cũng như khi giảm tải) các đồng hồ đo chuyển vị cần được đo tại các khoảng thời gian 1, 2 và 4 phút khi cấp tải trọng được giữ không đổi.

### 4.2.5. Công tác bơm vữa sau khi thử

Trong quá trình thử tải, thân cọc bị tách rời thành 2 phần ở trên, dưới vị trí đặt hộp kích và chuyển dịch lên,xuống ngược chiều nhau. Quá trình đó tạo nên một khoảng trống, kích thước của khoảng trống phụ thuộc vào quy mô mở rộng của hộp Osterberg khi thử.

Trong trường hợp thử tải trên một cọc sẽ được dùng lại sau khi thử (cọc làm việc - working pile) thì sau khi hoàn thành việc thử tải phải tiến hành bơm đầy vữa vào bên trong kích và khoảng trống đã hình thành trong quá trình thí nghiệm nói trên để nhằm liên kết lại các đoạn trên và dưới của thân cọc.

#### *4.2.5.1. Bơm vữa vào bên trong hộp Osterberg*

- Thành phần của vữa bơm gồm xi măng Portland và nước, không dùng cát. Vữa phải lỏng và dễ bơm, tỷ lệ nước/xi măng = 0,4 ÷ 0,5, lượng vữa phụ thuộc vào số lượng và đường kính của hộp kích. Cường độ chịu nén của vữa không thấp hơn 25 MPa.

- Vữa phải được trộn kỹ để đảm bảo xi măng không bị vón cục, phải đổ vữa xi măng qua lưới lọc trước khi bơm.

- Nối đầu ra của máy bơm vào một ống thuỷ lực của hộp Osterberg để tiến hành bơm vữa vào hộp kích. Duy trì áp lực bơm trong khoảng 0,5 ÷ 1 MPa. Quan sát các đặc trưng của vữa bơm và vữa thoát ra từ đầu ống thuỷ lực kia, khi thấy chất lượng của vữa bơm giống như vữa thoát thì dừng bơm.

- Cần lấy ba mẫu vữa để thử nén cường độ 28 ngày.

#### *4.2.5.2. Bơm vữa vào khoảng không gian bao quanh hộp Osterberg*

Thành phần của vữa và việc trộn vữa được thực hiện như đối với vữa bơm vào hộp Osterberg. Khi cần sử dụng vữa có cường độ cao hơn (Vữa có cường độ chịu nén ≥ 30 MPa) thì trộn thêm cát và chất phụ gia hỗ trợ bơm theo tỷ lệ sau:

Xi măng Poóc lăng: 100 Kg

Nước: 38 lít

Phụ gia nở và hỗ trợ bơm (như Sika Instraplast Z): 1,5 Kg

Phụ gia hoá dẻo (như của Sika): 1,5 Kg

Khối lượng vữa chuẩn bị thường ≥ 3 lần khối lượng theo tính toán lý thuyết để lấp đầy khoảng không gian bao quanh hộp Osterberg và các ống dẫn vữa.

Bơm nước để tống ra ngoài các nút bịt các đường ống dẫn vữa đặt trước (mỗi thân cọc có hai đường ống). Sau đó tiến hành bơm vữa liên tục cho tới khi vữa phun ra ở đầu ống thứ hai.

Nếu không quan sát được dòng vữa phun ra từ ống thứ 2 thì chuyển bơm đến ống thứ 2 và bơm cho đến khi bơm được 1,5 khối lượng lý thuyết.

Toàn bộ quá trình bơm cần hoàn thành trước khi vữa đã bơm ban đầu ninh kết.

Lấy ba mẫu của mỗi loại vữa để thử cường độ chịu nén 28 ngày.

### 4.2.6. Báo cáo thí nghiệm

Sau khi thí nghiệm xong, các tài liệu và nội dung báo cáo sau được giao cho chủ công trình và các bên liên quan:

- Các chứng chỉ kiểm định thiết bị thí nghiệm, đo đạc.

- Toàn bộ số liệu đo chuyển vị, áp lực mà máy tính thu được (Và các số liệu đọc từ các đồng hồ đo chuyển vị cơ học - nếu có) cùng với các ghi chú trong quá trình thí nghiệm.

- Biểu đồ quan hệ tải trọng - biến dạng (Chuyển vị lên) của thân cọc.

- Biểu đồ quan hệ tải trọng - biến dạng (Chuyển vị xuống) của mũi cọc.

- Biểu đồ quan hệ tải trọng - biến dạng tương đương với trường hợp thí nghiệm nén cọc truyền thống.

- Các nhận xét đánh giá về sức chịu tải của cọc thử.

- Các biểu mẫu báo cáo và ghi chép số liệu được trình bầy trong các phụ lục.

### 4.2.7. Quản lý chất lượng quá trình thí nghiệm

Công việc thử tải bằng HTT Osterberg đối với một cọc có đặc điểm là không thể làm lại. Vì vậy, công tác quản lý chất lượng thí nghiệm phải được đặc biệt chú trọng để trong suốt quá trình thí nghiệm không xảy ra bất kỳ sai sót nào. Để đạt được điều đó phải thực hiện nghiêm túc các yêu cầu kỹ thuật sau:

1. Tất cả các loại đồng hồ và đầu đo phải có chứng chỉ của nhà sản xuất và được kiểm định tại một cơ quan độc lập và có đủ thẩm quyền kiểm định thiết bị.

2. Tất cả các kích O-Cell đều được kiểm tra bởi nhà sản xuất và được gia tải kiểm tra. Hệ thống thuỷ lực (đường dẫn) sẽ được kiểm tra tới áp lực tương ứng với năng lực của kích để đảm bảo rằng không có bất kỳ sự rò rỉ nào.

3. Các nhân viên phụ trách việc thí nghiệm phải tiến hành kiểm tra tối thiểu với các nội dung sau:

+ Quá trình lắp ráp O-Cell vào lồng thép sẽ được theo dõi sát sao. Độ lệch theo phương thẳng đứng so với thép chủ của lồng thép phải nhỏ hơn 1/100.

+ Tất cả các thiết bị LVDT, LVWDT và đồng hồ đo biến dạng sẽ được kiểm tra tại các thời điểm sau:

- Khi thiết bị được vận chuyển tới công trường.
- Sau khi lắp đặt O-Cell vào lồng thép.
- Ngay trước khi đổ bêtông của barrette.
- Sau quá trình đổ bêtông.

+ Các mối hàn của O-Cell sẽ được kiểm tra kỹ trước khi cẩu lồng thép cũng như lúc hạ lồng thép xuống hố khoan.

+ Trong khi đơn vị thi công cọc đựng lồng thép từ vị trí nằm ngang sang vị trí thẳng đứng các bên có liên quan phải phối hợp để đảm bảo biến dạng của lồng thép là trong giới hạn cho phép 1/50 chiều dài lồng.

+ Ngay trước khi hạ O-Cell (cùng lồng thép) xuống hố khoan, phải kiểm tra để đảm bảo rằng độ lệch theo phương thẳng đứng vẫn nhỏ hơn 1/100.

+ Theo dõi chặt chẽ quá trình hạ ống đổ (tremie pipe) và quá trình đổ bêtông, đảm bảo rằng O-Cell sẽ làm việc bình thường.

4. Trong quá trình gia tải thí nghiệm, các hoạt động thi công gây ra các chấn động có ảnh hưởng đến kết quả đo đạc phải được đình chỉ.

## 4.3. KHẢ NĂNG ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP THỬ TẢI BẰNG HỘP TẢI TRỌNG OSTERBERG CHO CÁC DỰ ÁN XÂY DỰNG NHÀ CAO TẦNG Ở HÀ NỘI

### 4.3.1. Khả năng áp dụng phương pháp thử tải bằng HTT Osterberg cho các dự án cao tầng ở Hà Nội

Các cơ sở khoa học và trình tự công nghệ của phương pháp đã được một số cơ quan và các nhà khoa học nghiên cứu thông qua các tài liệu và tham gia trực tiếp trong một số dự án có ứng dụng công nghệ này. Trong đó phải kể đến các chuyên gia thuộc Viện KHCN Giao thông Vận tải (Bộ GTVT), Viện Kỹ thuật xây dựng Sở Xây dựng Hà Nội và Trung tâm Kỹ thuật nền móng (Trường Đại học Xây dựng). Các đơn vị nói trên là những đơn vị đã cử cán bộ tham dự các lớp đào tạo về chuyên môn và sau đó đã theo dõi, tham gia trực tiếp vào công việc thí nghiệm bằng HTT Osterberg tại hai công trình ở Việt Nam. Như vậy chúng ta có lực lượng cán bộ có khả năng nắm bắt công nghệ,tiến tới đem áp dụng công nghệ này cho các dự án tại Hà Nội.

Toàn bộ hệ thống các dụng cụ,thiết bị đo đạc gồm các thanh truyền, các thiết bị đo theo nguyên lý cơ học và các thiết bị điện tử đều là các thiết bị đã được trang bị tại một số phòng thí nghiệm ở nước ta. Việc sử dụng các thiết bị này trong nhiều phép đo tương tự (Đo chuyển vị của các bộ phận của kết cấu công trình,đo áp lực chất lỏng trong đường ống...) cũng đã được các chuyên gia tại nhiều phòng thí nghiệm thực hiện. Như vậy việc

huy động, bố trí, lắp đặt các thiết bị đo đạc cần thiết cho thí nghiệm là điều hoàn toàn có khả năng thực hiện được với sự giúp đỡ của các chuyên gia trong nước.

Hệ thống bơm và kích thuỷ lực phục vụ việc gia tải là những thiết bị nước ta chưa chế tạo được. Theo điều tra của nhóm nghiên cứu đề tài thì các phòng thí nghiệm xây dựng của nước ta cũng chưa hề được trang bị thiết bị này. Như vậy, muốn áp dụng được phương pháp thử cho các công trình của nước ta trước mắt cần phải mua bơm áp lực cao và các hộp kích Osterberg cùng với bản quyền áp dụng công nghệ. Về lâu dài,để tiến tới làm chủ hoàn toàn công nghệ, cần bắt tay vào việc nghiên cứu chế tạo các thiết bị này, trước mắt cần nhanh chóng chế tạo được các hộp kích Osterberg vì đây là các thiết bị không thu hồi được sau mỗi lần thử.

### 4.3.2. Những vấn đề cần giải quyết tiếp

- Do số liệu thí nghiệm thử tải tĩnh theo phương pháp Osterberg thực tế ở Việt Nam chưa nhiều, các số liệu khảo sát địa kỹ thuật trong nước độ tin cậy còn thấp nên việc giải thích và sử dụng các kết quả thí nghiệm còn gặp khó khăn.

- Do thiết bị thí nghiệm còn phụ thuộc nhiều vào bản quyền của Công ty Loadtest nên phía Việt Nam chưa chủ động trong thu thập số liệu và giải thích kết quả thí nghiệm, mặc dù theo nhận xét của nhóm nghiên cứu việc này trong khả năng của các kỹ sư Việt Nam.

Chương 5

# MỘT SỐ VẤN ĐỀ KHÁC

## 5.1. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THIẾT BỊ ĐO TỚI KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Đầu đo biến dạng dây rung là một thiết bị hiệu quả và tin cậy để đo biến dạng trong thử tải cọc khoan nhồi và cọc barrette.Tuy nhiên khi sử dụng các số liệu biến dạng này để tính tải trọng hay ứng suất trong cọc đôi khi các kết quả khó hiểu và/hoặc khó giải thích. Phần này trình bày một số trường hợp thực tế như vậy và trình bày một số khó khăn do ảnh hưởng của tải trọng dư, sự đông cứng của bê tông và nhiệt độ gây ra biến dạng, ảnh hưởng của phân bố ứng suất do tải trọng, tính toán mô đun và diện tích.

### 5.1.1. Các thiết bị thí nghiệm cọc

Sự phân bố tải trọng dọc theo cọc thông qua ma sát thành bên và sức chống mũi thường được đo bằng các đầu đo biến dạng chôn trong cọc.

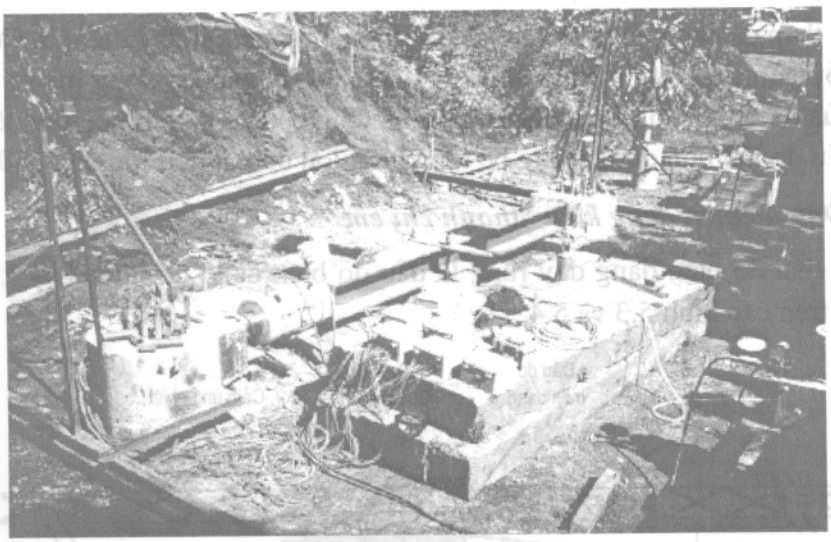
#### *5.1.1.1. Chọn đầu đo biến dạng*

Trong thử tải theo phương pháp Osterberg thường dùng đầu đo kiểu dây rung. Ưu điểm vượt trội của các đầu đo dây rung so với loại trở kháng điện tử truyền thống hay loại bán dẫn là ở số liệu đầu ra, nó là tần số không phải là thế hiệu hay trở kháng. Số liệu ra tần số dễ truyền theo dây cáp và không chịu ảnh hưởng bởi sự mất đột ngột điện thế mà có thể dễ xảy ra do rỉ mòn tiếp xúc, sự xâm nhập ẩm vào trong đầu đo hay cáp truyền tín hiệu, hoặc ảnh hưởng của nhiệt độ trên cáp truyền, tất cả những hiện tượng đó có thể ảnh hưởng lớn đến số liệu ra của các loại trở kháng điện tử. Hơn nữa sự rút ngắn hay kéo dài cáp đầu đo không ảnh hưởng đến tín hiệu tần số.

Các đầu đo dây rung thiết kế bền chắc, lắp đặt dễ dàng và nhanh chóng. Mặt khác, các đầu đo biến dạng trở kháng điện tử do mềm nên cần lắp đặt rất cẩn thận và cần phòng nước tốt.

Các đầu đo biến dạng sợi quang hiện nay đã được dùng nhưng khá đắt, nhất là thiết bị đọc và cần vận chuyển cẩn thận khi lắp đặt cáp sợi quang rất mảnh. Tuy nhiên chúng có thể làm thành những đoạn dài nên có thể phủ toàn bộ chiều dài cọc. Theo thời gian khi giá hạ xuống có thể các đầu đo cáp quang sẽ được sử dụng phổ biến .

Các đầu đo dây rung được đọc điện tử khi dùng các hộp đầu đọc xách tay hay dùng các đầu thu nhận số liệu (datalogger). Các đầu thu nhận số liệu ngày càng nhỏ hơn, yêu cầu năng lượng ít, tin cậy và nhiều tính năng nên được sử dụng rộng rãi. Chúng có thể tiếp nhận số liệu nhanh, ít nhân công hơn và giảm nhẹ gánh nặng phân tích số liệu.

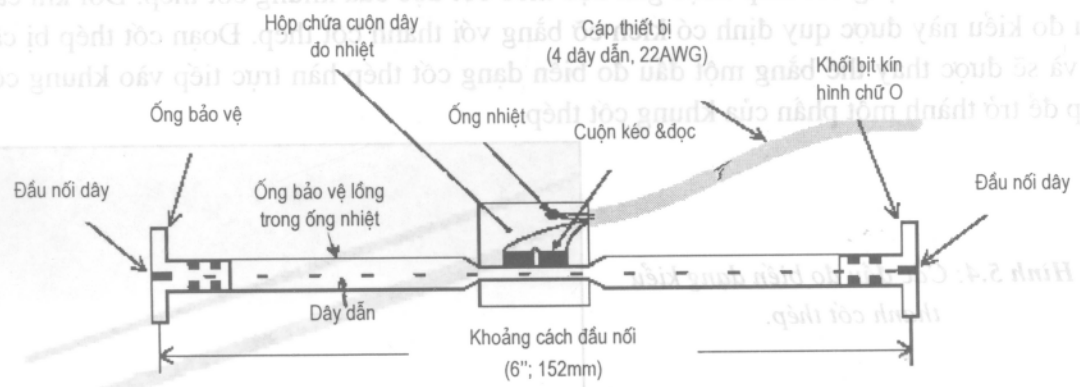


***Hình 5.1:*** *Hệ thống đầu thu nhận số liệu dùng để quan trắc hệ thống thiết bị trong một thí nghiệm tải trọng ngang.*

Để quan trắc trong thời gian dài thì các đầu đo dây rung là lựa chọn số một. Tuy nhiên các đầu đo dây rung có một nhược điểm quan trọng là không có khả năng quan trắc các thông số thay đổi nhanh.

### *5.1.1.2. Các đầu đo biến dạng dây rung*

Kỹ thuật đo biến dạng dùng nguyên tắc dây rung được Andre Coyne một kỹ sư Pháp, phát triển từ năm 1931. Sau đó các đầu đo biến dạng dây rung đã được Maihak(Đức) và Telemac (Pháp) sản xuất thương mại. Các nhà chế tạo khác dựa theo thiết kế do Cơ quan nghiên cứu xây dựng (Kỹ thuật đầu đo) ở Anh và Viện Địa Kỹ thuật Na uy (Geonor) phát triển.Từ những năm 1970 cho đến nay công ty Geokon (Mỹ) đã phát triển rất nhiều loại các đầu đo dây rung. Hình 5.2 trình bày một đầu đo biến dạng chôn trong bê tông kiểu dây rung điển hình.

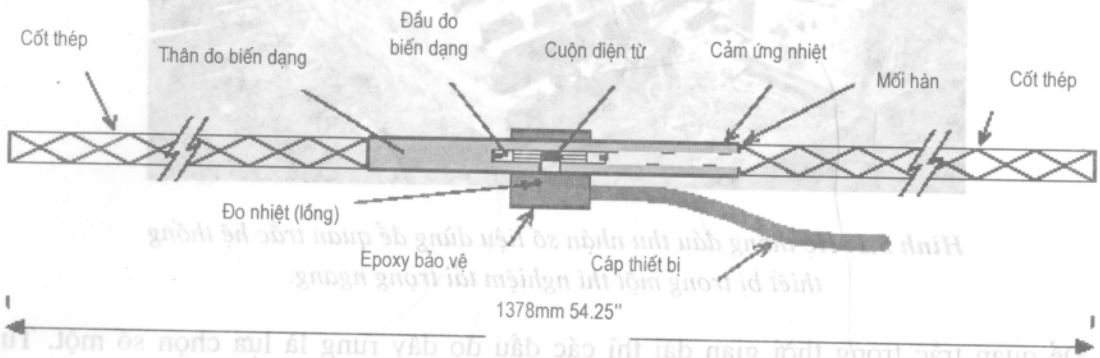



***Hình 5.2****: Đầu đo biến dạng chôn sẵn kiểu dây rung.*

Một dây thép đã căng được chế tạo để rung theo một cuộn dây điện tử. Cuộn dây này cùng với một nam châm vĩnh cửu có thể đo được tần số của dao động mà sẽ thay đổi khi biến dạng của dây thay đổi. Loại chôn trong bê tông có các gờ tại mỗi đầu để gắn vào bê tông. Các đầu đo lớn hơn dùng trong bê tông khối lớn có cốt liệu lớn đến 150 mm .

### *5.1.1.3. Đầu đo biến dạng kiểu "thanh chị em"*

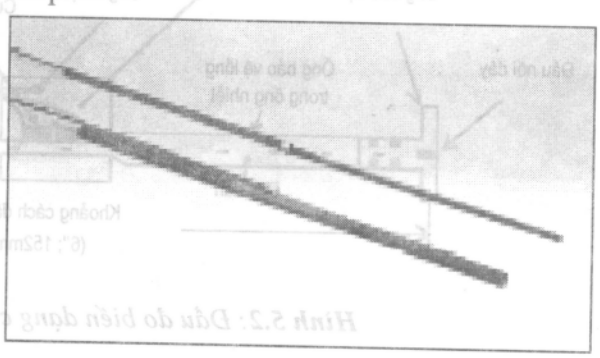
Một kiểu đầu đo biến dạng dây rung là đầu đo biến dạng cốt thép hay kiểu " thanh chị em" như trên các hình 5.3 và 5.4.




***Hình 5.3:*** *Đầu đo biến dạng cốt thép.*

Đầu đo biến dạng cốt thép Geokon 4911 kiểu "thanh chị em" bao gồm một đầu đo biến dạng dây rung thu nhỏ lắp trên trục trung hoà bên trong một thép cường độ cao dài 150 mm. Loại hình này thích hợp khi đầu đo gắn bên cạnh tiết diện thanh cốt thép mà không dễ bị uốn.Khi đó thân đo biến dạng được hàn vào giữa hai đoạn kéo dài của hai thanh cốt thép. Các mối hàn được thử và đầu đo được kiểm định trên máy thí nghiệm.Phương pháp chế tạo như vậy tạo ra đầu đo biến dạng vững chắc, an toàn với mọi phương pháp đổ bê tông.Đoạn thanh cốt chủ này tạo ra sự tiếp xúc tốt với bê tông trên một đoạn dài nên ít có khả năng đầu đo sẽ chịu ảnh hưởng của các vết nứt, lỗ rỗng hay bong bóng khí cục bộ.

Đầu đo biến dạng cốt thép được gắn dọc theo cốt dọc của khung cốt thép. Đôi khi các đầu đo kiểu này được quy định có kích cỡ bằng với thanh cốt thép. Đoạn cốt thép bị cắt bỏ và sẽ được thay thế bằng một đầu đo biến dạng cốt thép hàn trực tiếp vào khung cốt thép để trở thành một phần của khung cốt thép.



***Hình 5.4****: Các đầu đo biến dạng kiểu thanh cốt thép.*

### *5.1.1.4. So sánh đầu đo kiểu "thanh chị em" và đầu đo biến dạng chôn sẵn*

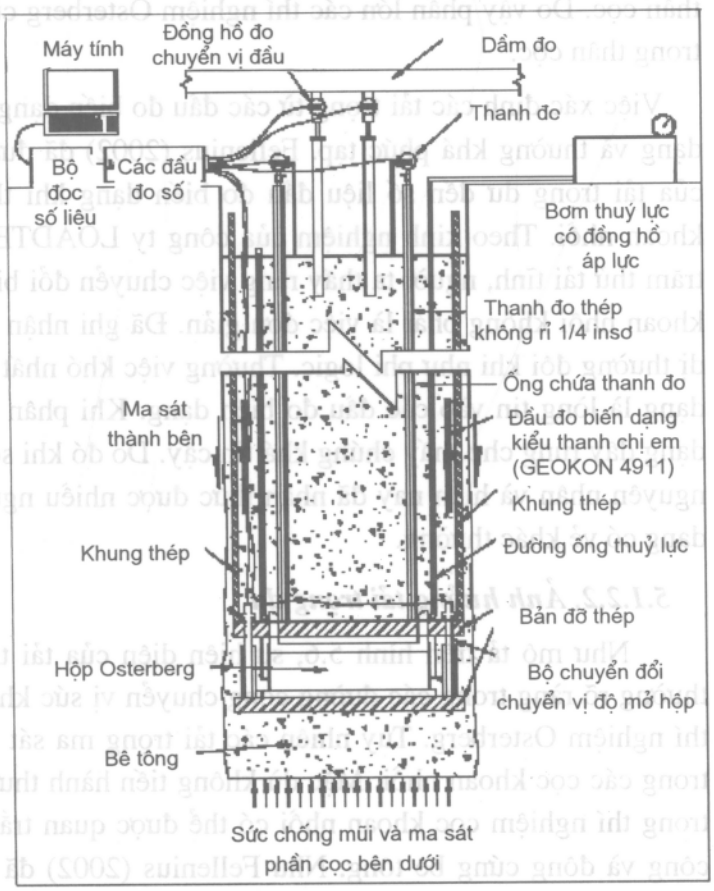
Các đầu đo kiểu "thanh chị em" thường được chọn cho các cọc bê tông đổ tại chỗ, khi bê tông được đổ theo ống hay đổ thẳng vào trong lỗ khoan, vì chúng bền chắc hơn và giữ được hình dạng của chúng tốt hơn so với loại đầu đo chôn sẵn (như thể hiện trên hình 5.2). Trong các cọc bê tông đúc sẵn, các loại chôn sẵn nhỏ hơn sẽ thích hợp hơn. (Có các loại chịu nhiệt độ cao của các kiểu đầu đo "thanh chị em" hay chôn sẵn dùng cho các cọc được hấp nhiệt). Kiểu "thanh chị em" cũng có thể được chọn vì chúng cho phép đo trực tiếp ứng suất trong cốt thép trong khi đầu đo kiểu chôn sẵn đo biến dạng bê tông - bao gồm độ co, độ nở ra, sự dão và do đó ảnh hưởng tới ứng suất đặt vào.

### *5.1.1.5. Bảo vệ đầu đo*

Các đầu đo kiểu "thanh chị em" (hay chôn sẵn) thường được bố trí giống như cốt thép của khung cốt thép và do đó cần bảo vệ khỏi bật ra khi hạ khung cốt thép vào trong hố khoan. Trong những trường hợp bình thường sự an toàn của cả hai loại đầu đo nói trên gần như 100%.

Cần bảo vệ cáp đo bằng cách buộc chặt chúng vào các thanh cốt thép dọc với khoảng cách 2m một. Nếu các cáp này được giấu kín trong góc giữa cốt đai và cốt dọc và buộc chặt thì sẽ an toàn.

### *5.1.1.6. Bố trí đầu đo trong thử tải cọc theo Phương pháp Osterberg*




*Hình 5.5: Bố trí thiết bị trong một thí nghiệm thử tải Osterberg.*

Có nhiều cách bố trí thiết bị dùng các đầu đo biến dạng để đo sự phân bố tải trọng trong cọc trong vùng bên trên và bên dưới hộp Osterberg. Theo cách này khi đặt tải, sự phân bố của tải trọng truyền đến đất bằng cách tạo ra các lực cắt có thể đo được. Hình 5.5 trình bày một cách bố trí thiết bị trong một thí nghiệm thử tải Osterberg.

### 5.1.2. Các ảnh hưởng đến kết quả số liệu đầu đo biến dạng

#### *5.1.2.1. Các trường hợp biến dạng dị thường*

Một ưu điểm của thử tải tĩnh trên cọc hay cọc khoan nhồi có gắn thiết bị là có thể cung cấp cho người kỹ sư thông tin có giá trị về sức kháng mũi tới hạn thực tế và các đặc trưng ma sát bên của cọc hay cọc khoan nhồi. Trong thí nghiệm tải trọng đầu cọc truyền thống, sự phân chia các thành phần sức chống mũi và ma sát bên đòi hỏi các đầu đo biến dạng chôn sẵn để xác định các tải trọng kháng cắt phát triển dọc theo thân cọc. Sức kháng tải trọng cắt, như xác định được, sẽ lấy tổng tải trọng đặt trên đầu cọc trừ đi để xác định sức kháng mũi cọc.

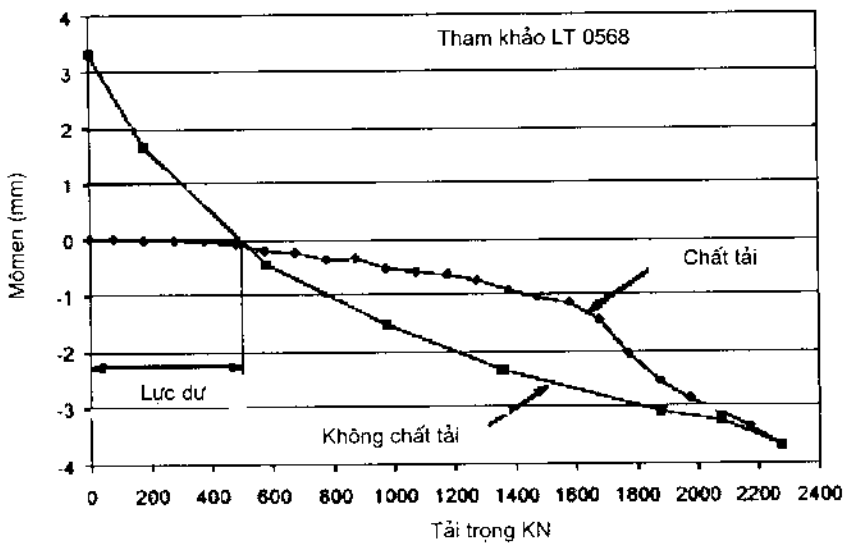
Một ưu điểm đáng kể của thử tải tĩnh cọc dùng phương pháp Osterberg là sự phân chia sức kháng mũi cọc và ma sát thành bên nói chung sẽ được cung cấp trực tiếp không cần dựa vào các đầu đo biến dạng cho mục đích đó. Tuy nhiên ngay cả trong thí nghiệm hộp Osterberg người kỹ sư thường quan tâm đến sự phân bố của ma sát bên dọc theo thân cọc. Do vậy phần lớn các thí nghiệm Osterberg cũng có các đầu đo biến dạng chôn trong thân cọc.

Việc xác định các tải trọng từ các đầu đo biến dạng cần phân tích số liệu đầu đo biến dạng và thường khá phức tạp. Fellenius (2002) đã đưa ra một bằng chứng về tác động của tải trọng dư đến số liệu đầu đo biến dạng khi thí nghiệm các cọc đóng hay cọc khoan nhồi. Theo kinh nghiệm của công ty LOADTEST khi phân tích số liệu từ hàng trăm thử tải tĩnh, người ta thấy rằng việc chuyển đổi biến dạng thành tải trọng trong cọc khoan nhồi không phải là việc đơn giản. Đã ghi nhận được nhiều trường hợp biến dạng dị thường đôi khi như phi logic. Thường việc khó nhất khi giải thích số liệu đầu đo biến dạng là lòng tin vào các đầu đo biến dạng. Khi phân tích số liệu từ nhiều đầu đo biến dạng dây rung cho thấy chúng khá tin cậy. Do đó khi số liệu có vẻ không thực tế cần tìm nguyên nhân và hiện nay đã nhận thức được nhiều nguyên nhân về số liệu đầu đo biến dạng có vẻ khác thường.

#### *5.1.2.2. Ảnh hưởng tải trọng dư*

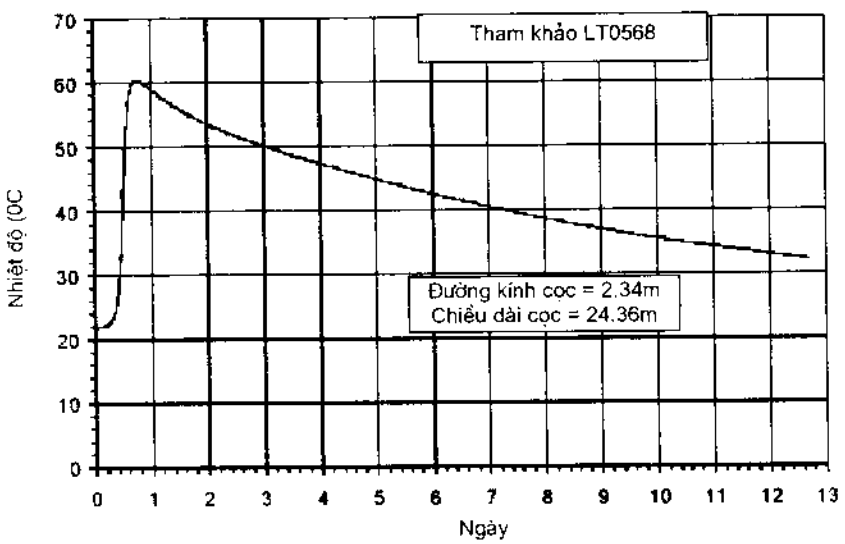
Như mô tả trên hình 5.6, sự hiện diện của tải trọng mũi dư trong các cọc đóng thường rõ ràng trong các đường cong chuyển vị sức kháng mũi (chất tải và dỡ tải) trong thí nghiệm Osterberg. Tuy nhiên các tải trọng ma sát bên dư khó xác định hơn nhất là trong các cọc khoan nhồi. Mặc dù không tiến hành thường xuyên, các đau đo biến dạng trong thí nghiệm cọc khoan nhồi có thể được quan trắc trong các giai đoạn lắp đặt, thi công và đông cứng bê tông. Như Fellenius (2002) đã lưu ý việc chỉ dùng "các số đọc

không" lấy tại "thời điểm không khi bắt đầu thử tải bỏ qua lịch sử biến dạng của thân cọc có thể dẫn đến sự sai lệch trong tải trọng".



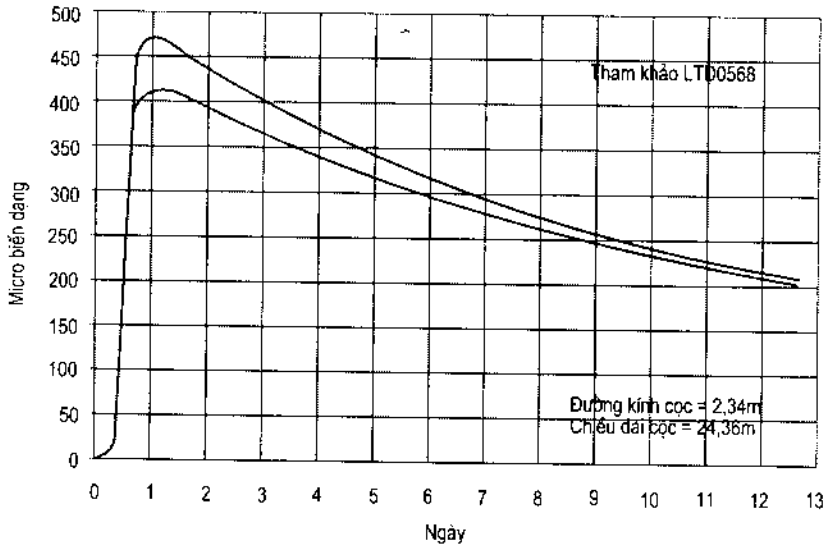

***Hình 5.6:*** *Tải trọng mũi dư trong cọc đóng.*

Sự mở rộng về mặt vật lý và sự co ngót của bê tông thân cọc khi đông cứng gây nên các tải trọng ma sát bên dư đáng kể. Sử dụng toàn bộ khả năng của các đầu đo biến dạng để quan trắc cả nhiệt độ và biến dạng bên trong trong giai đoạn đông cứng sẽ có được loại số liệu như trình bày trên các hình 5.7 và 5. 8.



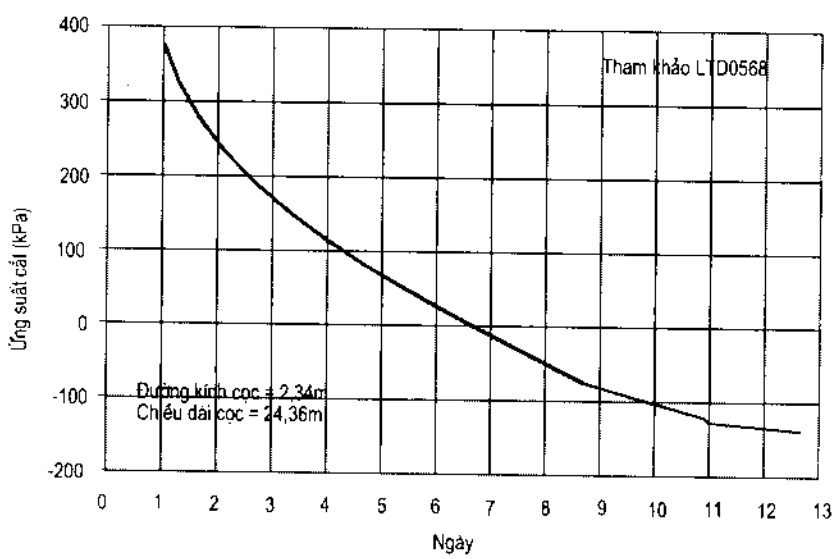

***Hình 5.7:*** *Nhiệt độ đông cứng của bê tông.*

Hình 5.7 trình bày quá trình nhiệt độ bên trong của thân cọc đang đông cứng có đường kính 2,34 m và chiều dài 24,4 m. Hình 5.8 trình bày quá trình biến dạng bên trong của hai cao trình đầu đo ở cùng một thân cọc khoan nhồi đó.




***Hình 5.8**: Quá trình biến dạng bên trong của quá trình đông cứng.*

Từ các biến dạng này có thể tiến hành tính các tải trọng ma sát thành bên xuất hiện và phát triển trong giai đoạn đông cứng trong vùng nằm giữa hai cao trình đặt đầu đo biến dạng. Có thể tính các giá trị ma sát bên từ số liệu biến dạng và dùng các mô đun bê tông tính được theo công thức ACI (Viện Bêtông Mỹ) theo cường độ bê tông lăng trụ. Nhận được số liệu thí nghiệm lăng trụ trong quá trình đông cứng từ một đến 14 ngày. (Phương pháp tính mô đun này chịu hạn chế và các dự trữ sai số sẽ thảo luận sau). Trong trường hợp này chuyển vị của thân cọc trong giai đoạn đông cứng gây nên một lực căng tính được và khi đó lực nén "có sẵn trong lực cắt +/-130 kPa. (Xem hình 5.9).




***Hình 5.9**: Các ứng suất ma sát bên tính được trong giai đoạn đông cứng.*

*5.1.2.3. Ảnh hưởng của các vết nứt do kéo*

Chúng ta đã biết về sự hình thành các vết nứt siêu nhỏ do kéo trên mặt phẳng chôn các đầu đo biến dạng trong quá trình đông cứng. Các vết nứt siêu nhỏ này có thể gây rối các tải trọng thân cọc tính toán được trong các giai đoạn chất tải sớm. Cho đến khi các tải trọng nén tiếp theo được đặt gần với các vết nứt siêu nhỏ, chỉ có thể sử dụng mô đun và diện tích của thép cốt để tính toán sự phân bố tải trọng cắt. Tác động của các vết nứt siêu nhỏ đến số liệu đầu đo thường chỉ có thể áp dụng đối với các tải trọng tương đối thấp tại lúc bắt đầu thí nghiệm.

*5.1.2.4.Ảnh hưởng của mô đun bê tông*

Thông thường tải trọng trên mặt phẳng của các đầu đo biến dạng được tính từ biến dạng đo được và mô đun tính theo công thức:

$$P = \epsilon AE$$

Ở đây:

P = tải trọng

$\epsilon$ = biến dạng đo được từ các đầu đo

A = tiết diện mặt cắt ngang hỗn hợp của bê tông và thép trong thân cọc tại mặt phẳng của các đầu đo biến dạng.

E = mô đun hỗn hợp của bê tông và thép tại mặt phẳng đầu đo.

Mô đun bê tông thường được tính theo công thức ACI:

$$E_c = k\,(f_c)^{0.5}$$

Nó được dựa trên căn bậc hai của cường độ nén không hạn chế $f_c$ của bê tông. Thường dùng giá trị hằng số k bằng 4.700 khi $f_c$ lấy theo đơn vị MPa. Phương pháp này có thể cho các giá trị hợp lý của $E_c$ dùng để tính tải trọng theo biến dạng nhưng không phải luôn luôn như vậy vì các lý do sau:

Công thức ACI dựa trên sự lấy lùi lại các số liệu phân tán. Nhiều nhà nghiên cứu đã tìm thấy rằng hằng số k có thể thay đổi đáng kể theo các cách trộn bê tông khác nhau. Trong thực tế hằng số của công thức ACI bằng 4.700 được cho rằng sẽ áp dụng cho bê tông "trọng lượng bình thường" bằng 2320kg/$m^3$. Tiêu chuẩn xây dựng nhà của ACI thực tế đã khuyến nghị rằng hằng số k cần được xác định từ biểu thức

$$k = 0{,}043\ w^{1.5}$$

Ở đây:

w = trọng lượng đơn vị của bê tông theo MPa.

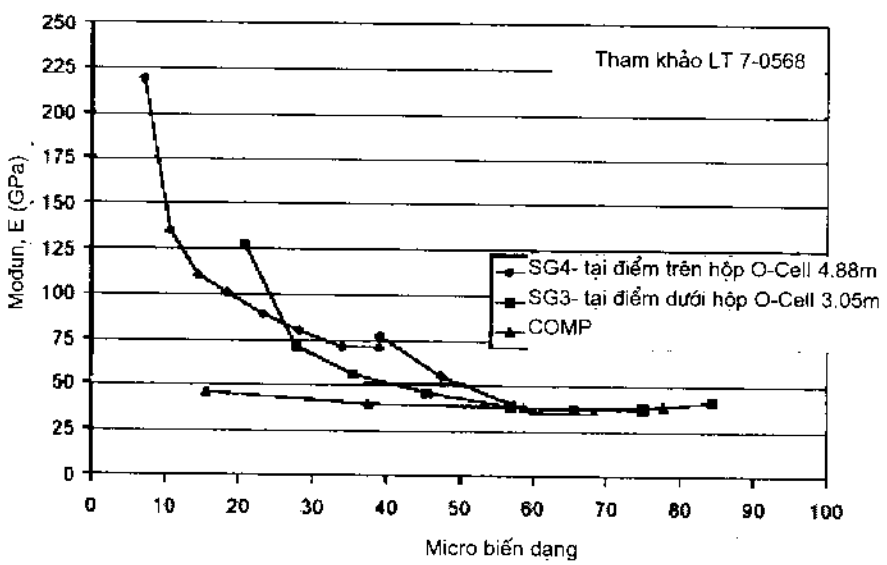
Điều ấy có nghĩa rằng khi trọng lượng đơn vị tăng từ 2240 lên 2500 kg/ $m^3$, k tăng lên 17%. Dựa trên các nghiên cứu người ta đã kết luận rằng các loại bê tông phù hợp với các quan hệ ACI trong phạm vi ± 20%.

Cường độ chịu nén không hạn chế có thể không ảnh hưởng đến cường độ thực tế của bê tông trong thân cọc. Có một hiểu biết khái quát là mô đun đàn hồi của bê tông khá phù hợp bằng luỹ thừa 0,5 của cường độ chịu nén của bê tông thân cọc . Các nghiên cứu cho thấy rằng các phương pháp thông thường dùng để đông cứng các khối hình trụ bê tông thí nghiệm gây ra cường độ chịu nén thấp hơn nhiều so với của khối bê tông trong thân cọc.

Mô đun của bê tông nói chung không phải là hằng số trong dải tải trọng nén khi thử tải. Như Fellenius đã lưu ý "trên một dải rộng ứng suất xảy ra trong một thí nghiệm tải trọng tĩnh, sự sai khác giữa các mô đun ban đầu và sau cùng của vật liệu cọc có thể đáng kể".

*5.1.2.5. Tính môđun tiếp tuyến*

Các khó khăn khi dùng công thức ACI để tính mô đun bê tông có thể được khắc phục bằng cách dùng trình tự của Fellnius (1998), (2001) đã trình bày để xác định mô đun tiếp tuyến của bê tông từ số liệu thí nghiệm. Trình tự này dựa trên một thực tế là sau khi ma sát bên trên thân cọc đã được huy động toàn bộ và không thay đổi theo sự thay đổi của tải trọng nữa, sự thay đổi ứng suất và biến dạng tại mặt phẳng của các đầu đo biến dạng phản ánh mô đun hỗn hợp của thân cọc tại tải trọng đó.Một ví dụ của biểu đồ mô đun tiếp tuyến lấy từ số liệu thí nghiệm của Công ty Loadtest cho trên hình 5.10.

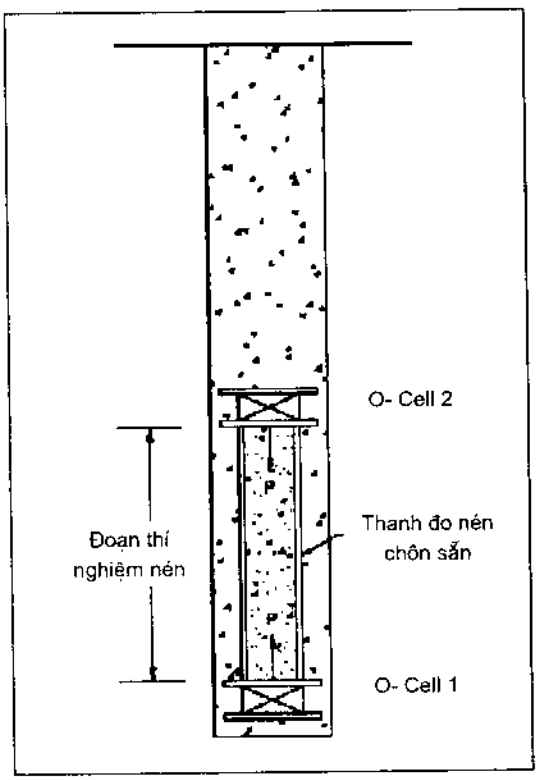



***Hình 5.10**: Biểu đồ mô đun tiếp tuyến.*

Đôi khi có cơ hội để so sánh kết quả phân tích mô đun tiếp tuyến với các số liệu mô đun trực tiếp hơn trong thí nghiệm Osterberg nhiều tầng hộp như trình bày trên hình 5.11. Bằng cách đặt các tải trọng bằng nhau và ngược hướng với các hộp 1 và 2 khi đo độ nén thân cọc với các thanh đo chôn sẵn có thể thực hiện một thí nghiệm mô

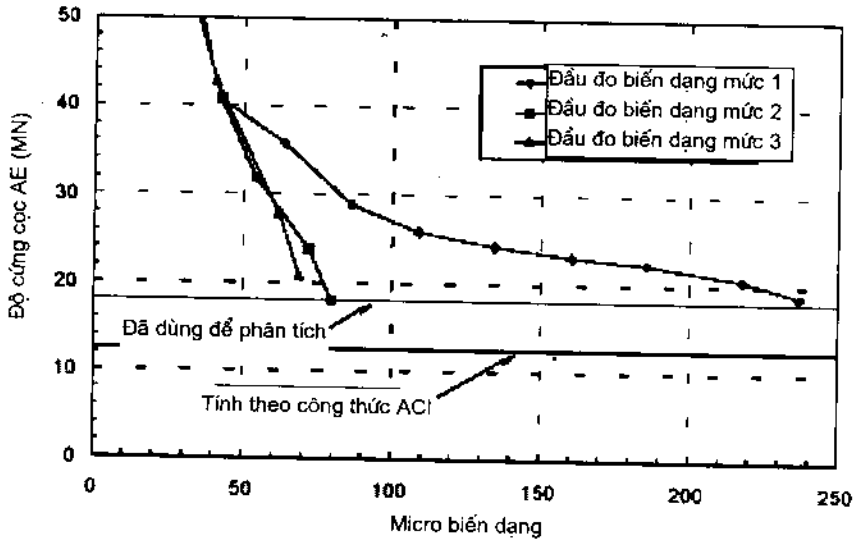
đun tỷ lệ toàn phần. Các kết quả của thí nghiệm như vậy cho trên hình 10 , cho một ví dụ phù hợp tốt.

Một điểm có lợi nữa của kỹ thuật "mô đun tiếp tuyến" để phân tích số liệu đầu đo biến dạng là nó cũng bù trừ cho mọi điều không chắc chắn mà có thể có trên diện tích của thân cọc trên mặt phẳng đầu đo biến dạng. Trong một cọc đóng có các kích thước cố định, giá trị diện tích A là đã biết trước. Tuy nhiên trong cọc khoan nhồi thường chỉ biết gần đúng đường kính của thân cọc nên sẽ gây khó khăn cho việc xác định giá trị chính xác của E. Tuy nhiên có thể dùng kỹ thuật mô đun tiếp tuyến để xác định giá trị của AE với độ tin cậy nào đó. Kỹ thuật này vẽ đồ thị sự gia tăng tải trọng đã biết theo sự gia tăng biến dạng đo được cho phép chúng ta tính được AE = P/Є. Đồ thị trên hình 5.12 biểu thị các giá trị AE theo biến dạng.




***Hình 5.11**: Bố trí nhiều tầng hộp Osterberg cho thí nghiệm nén*

Sử dụng "mô đun tiếp tuyến" đã giải quyết một vài nhược điểm của phân tích truyền thống ,nhưng nó cũng có các hạn chế. Một hạn chế đã nói đến: cần đạt đến hoặc vượt quá giá trị ma sát bên tới hạn trong quá trình thử. Hạn chế thứ hai là biến dạng tổng cộng tại mặt phẳng quan tâm, theo kinh nghiệm với các cọc khoan nhồi, cần phải đạt ít nhất 50 micro-strain và nên vượt quá 200 micro-strain. Hình 5.12 (SG1 và SG2) cho thấy một đồ thị mô hình tiếp tuyến điển hình với các biến dạng nén của bê tông tương đối thấp.



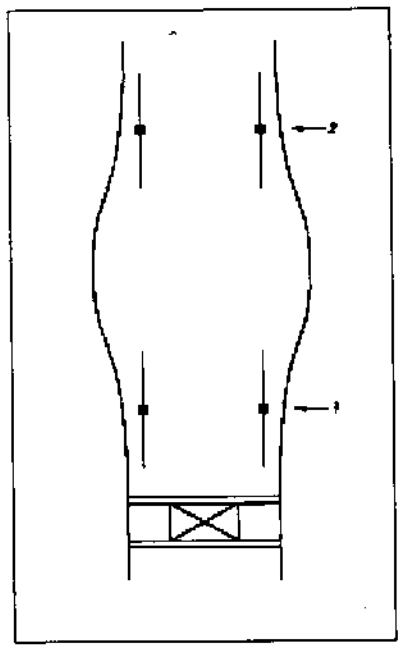

***Hình 5.12:*** *Phân tích độ cứng cọc tiếp tuyến cho đầu đo biến dạng các mức 1, 2 và 3.*

### *5.1.2.6. Ảnh hưởng của hình dạng*

Một trong những điều không chắc chắn đáng kể liên quan đến các cọc khoan nhồi là kích thước và/hoặc hình dạng thân cọc thực tế. Không có số liệu hiệu chỉnh tốt chúng ta thường không biết với độ chính xác cao về diện tích bê tông trong mặt phẳng đầu đo biến dạng. Bảng 1 cho thấy các thay đổi tương đối nhỏ trong đường kính thân cọc chuyển thành các thay đổi đáng kể trong diện tích, có thể có sai số đến 20% khi giả định giá trị diện tích A. Phối hợp với 20% sai số trong tính toán E từ công thức ACI chúng ta có thể có sai số tiềm năng 40% trong tính toán giá trị AE. Đôi khi các sai số này có thể bù trừ , tạo nên một kết quả chính xác nhưng không bao giờ chắc chắn được điều đó.

**Bảng 1: Ảnh hưởng sự không chắc chắn của đường kính thân cọc**

| Đường kính danh định (m) | Diện tích danh định ($m^2$) | Đường kính thực tế (m) | Diện tích thực tế ($m^2$) | Phần trăm tăng |
|---|---|---|---|---|
| 1,0 | 0,79 | 1,1 | 0,95 | 21,0 |
| 1,2 | 1,13 | 1,3 | 1,33 | 17,4 |
| 1,5 | 1,77 | 1,6 | 2,01 | 13,8 |
| 2,0 | 3,14 | 2,1 | 3,46 | 10,3 |
| 2,5 | 4,91 | 2,6 | 5,31 | 8,2 |
| 3,0 | 7,07 | 3,1 | 7,54 | 6,8 |
| 1,0 | 0,79 | 1,2 | 1,13 | 44,0 |
| 1,2 | 1,13 | 1,4 | 1,54 | 36,1 |
| 1,5 | 1,77 | 1,7 | 2,27 | 28,4 |
| 2,0 | 3,14 | 2,2 | 3,80 | 21,0 |
| 2,5 | 4,91 | 2,7 | 5,72 | 16,6 |
| 3,0 | 7,07 | 3,2 | 8,05 | 13,8 |



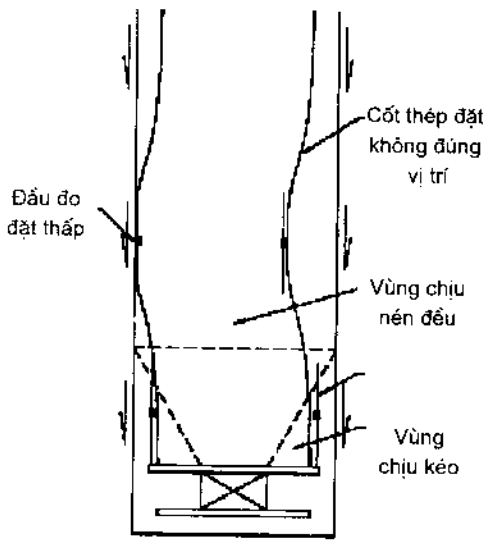
***Hình 5.13**: Ảnh hưởng của hình dạng đến số liệu biến dạng*

Hình dạng cũng có thể ảnh hưởng đến số liệu biến dạng bằng cách khác ít rõ ràng hơn. Hình 5.13 thể hiện một trường hợp mà đường kính cọc giữa các cao trình đặt đầu đo lớn hơn các mặt phẳng đầu đo bên trên và bên dưới. Một tải trọng trục đặt từ bên dưới sẽ gây ra biến dạng cao bất thường tại cao trình 1 và biến dạng nhỏ bất thường tại cao trình 2 vì "chỗ phình" ra của thân cọc. Hậu quả sẽ là một chỉ dẫn sai về các giá trị ma sát đơn vị cao hơn trong vùng nằm giữa các cao trình 1 và 2. Vì vậy việc phân tích đầu đo biến dạng chỉ đúng đắn khi số liệu đã hiệu chỉnh tốt.

### *5.1.2.7. Ảnh hưởng của vị trí đầu đo*

Một số số liệu biến dạng xuất hiện bất bình thường có thể liên quan đến vị trí tương đối của các đầu đo so với tải trọng đặt vào. Ví dụ trong một thử tải Osterberg điều quan trọng đối với bố trí các đầu đo biến dạng (khi nhiều hơn một)là bản thân đường kính cọc bên trên đỉnh hộp tải trọng. Hình 5.14 mô tả một đầu đo đặt quá gần điểm đặt tải trọng có thể chỉ ra biến dạng suất kéo như thế nào trong một cọc khoan nhồi chịu tải trọng nén. Vị trí của đầu đo cũng có thể tạo ra các kết quả phản ánh các khuyết tật trong thiết kế hay thi công cọc. Như thấy trên hình 5.14 một khung cọc có khoảng cách vòng cốt đai và các con kê định tâm khung không đủ có thể kéo vật liệu từ thành lỗ khoan vào các vòng cốt chủ và có thể tựa một cạnh của khung cốt thép vào thành lỗ khoan. Trong các trường hợp như vậy đầu đo biến dạng kiểu thanh chị em gắn vào các vòng cốt đai không có thể (có khả năng không) chôn trong bê tông. Đầu đo như vậy đơn thuần chỉ "đi dạo" trong quá trình thử và do đó các số liệu biến dạng xuất hiện rất thấp. Do đầu đo ở vị trí đối diện được chôn hoàn toàn trong bê tông sẽ có biến dạng cao hơn rất nhiều, các kỹ sư

có thể kết luận rằng thân cọc chịu tải trọng "lệch tâm" .Vì vậy các đầu đo biến dạng có thể cho chúng ta biết rằng có một khuyết tật nào đó trong thiết kế và/hoặc thi công cọc.




***Hình 5.14**: Ảnh hưởng của kỹ thuật lắp đặt*

### 5.1.3. Kết luận

Các đầu đo biến dạng dây rung kiểu "thanh chị em" có thanh nhiệt nhôm có thể cung cấp số liệu tin cậy và hữu ích để phân tích trạng thái làm việc thân cọc khoan nhồi, nhưng cần chú ý như đã nêu ở trên.

Tính các tải trọng từ số liệu đầu đo biến dạng đòi hỏi nhận thức rằng quá trình biến dạng trước thí nghiệm có thể gây ứng suất đã có sẵn và tải trọng mũi cọc đáng kể.

Các phương pháp truyền thống dùng để tính diện tích và mô đun cho bê tông có thể dẫn đến sai số khoảng 40% trong tải trọng tính theo số liệu biến dạng.

Hình dạng thân cọc khoan nhồi có thể ảnh hưởng đến biến dạng và các tải trọng cắt tính được. Một phân tích đầu đo biến dạng tốt đòi hỏi số liệu đã hiệu chỉnh tốt.

Số liệu có vẻ ngoại lai không nên loại bỏ vì chúng có thể chỉ ra một khuyết tật trong thiết kế và thi công. Mỗi số liệu đầu đo biến dạng đều hàm chứa một điều gì đó.

## 5.2. LỰA CHỌN VỊ TRÍ ĐẶT TỔ HỢP HỘP TẢI TRỌNG OSTERBERG

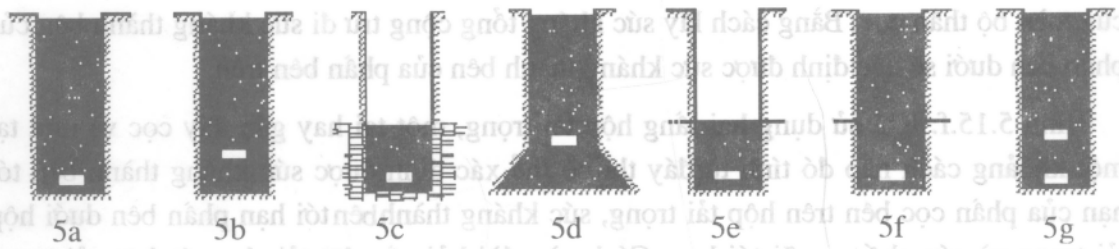
### 5.2.1 Nguyên tắc chọn

Vấn đề chọn vị trí (cao trình) và số cao trình đặt hộp Osterberg cần căn cứ vào một số yêu cầu sau đây:

- Tải trọng tổng cộng cần thử trên cọc.

- Yêu cầu xác định các thành phần sức kháng của cọc.
- Các thành phần sức kháng mũi và sức kháng ma sát thành bên tới hạn dự kiến.
- Trường hợp cần bố trí nhiều tầng hộp thì cần dự kiến sức kháng ma sát thành bên đơn vị cho các địa tầng mà cọc đi qua.

### 5.2.2. Các vị trí có thể bố trí các hộp tải trọng Osterberg




*Hình 5.15*

Hình 5.15.a: Trình bày một ví trí lắp đặt hộp tải trọng phổ biến nhất. Sau khi đã đổ một lượng nhỏ bê tông trên đáy lỗ khoan để làm chỗ "ngồi" vững chắc của hộp, hộp tải trọng sẽ được đặt lên và tiếp tục đổ bê tông thân cọc. Vị trí này phù hợp khi sức kháng thành bên và sức chống mũi tính toán gần tương đương nhau, hay khi sức chống mũi tính toán lớn hơn nhiều so với sức kháng thành bên và khi chỉ cần xác định sức kháng thành bên tới hạn.

Hình 5.15.b: nếu muốn xác định cả hai thành phần tới hạn của sức chống mũi và sức kháng thành bên thì hộp tải trọng được đặt cách đáy cọc một khoảng xác định nào đó. Nếu khoảng cách này được xác định một cách chính xác thì khi đạt tới sức kháng thành bên tới hạn bên trên hộp tải trọng thì sức kháng thành bên đoạn cọc bên dưới cộng với sức chống mũi cũng đạt tới giá trị tới hạn. Mặc dù không thể xác định được chính xác vị trí đặt hộp tải trọng nhưng kinh nghiệm thực tế cho thấy rằng khi tải trọng hướng lên trên hay tải trọng hướng xuống dưới đạt đến giá trị tới hạn thì thường tải trọng kia đạt gần tới giá trị tới hạn của nó. Nếu có chỉ số N của thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn thì có thể tính toán một cách hợp lý được.

Hình 15.5.c: Phương pháp này xác định sức kháng thành bên và sức chống mũi của cọc có mũi trong nền đá một cách độc lập với đất phủ trên nền đá. Vì vậy khi dùng phương pháp Osterberg có thể tiến hành như sau: đổ bê tông toàn bộ lỗ cọc và đặt các đầu đo biến dạng trong bê tông bên trên đoạn trong đá để tách tải trọng do đoạn trong đá chịu và tải trọng do sức kháng thành bên bên trên hộp tải trọng chịu. Khi cọc thí nghiệm sẽ được sử dụng lại trong công trình sau này, khoảng trống bên trong hộp tải trọng và khoảng trống hình trụ bên ngoài của cọc cần được phun vữa. Hầu hết các cọc đã được thử nghiệm cho tới nay đều là các cọc được dùng lại trong công trình.

Hình 5.15.d: Khi cọc sẽ được thi công trên mặt đất hiện tại và sau đó sẽ tiến hành đào đất làm tầng hầm thì cọc được đào đến độ sâu dự kiến, đặt hộp tải trọng và lỗ cọc được đổ bê tông đến cao trình tầng hầm. Phần lỗ cọc còn lại được đổ cát hay vật liệu mịn khác rồi mới tiến hành thí nghiệm.

Hình 5.15.e: Khi cần phải xác định sức kháng thành bên tới hạn của hai lớp đất thì ban đầu chỉ đổ bê tông đến đỉnh của lớp phía dưới và tiến hành thử tải. Sau khi đoạn cọc còn lại được đổ bê tông sẽ tiếp tục thí nghiệm để thu nhận sức kháng thành bên tới hạn của toàn bộ thân cọc. Bằng cách lấy sức kháng tổng cộng trừ đi sức kháng thành bên của phần bên dưới sẽ xác định được sức kháng thành bên của phần bên trên.

Hình 5.15.f: Khi sử dụng hai tầng hộp tải trọng, một tại hay gần đáy cọc và một tại một khoảng cách nào đó tính từ đáy thì có thể xác định được sức kháng thành bên tới hạn của phần cọc bên trên hộp tải trọng, sức kháng thànhbêntới hạn phần bên dưới hộp tải trọng và sức chống mũi tới hạn. Cách này đòi hỏi cần đặt tải cho các hộp tải trọng theo các giai đoạn. Một trình tự là nén hộp tải trọng dưới để nhận được sức chống mũi bên dưới hộp tải trọng. Sau đó nhả áp lực của hộp bên dưới, tái đặt áp lực cho hộp bên trên để nhận được sức kháng thành bên bên dưới hộp bên trên. Sau đó đóng đường áp lực của hộp bên dưới, nén hộp bên trên để nhận được sức kháng thành bên bên trên hộp tải trọng phía trên. Các trình tự đặt áp lực khác có thể được sử dụng tuỳ theo điều kiện địa tầng và vị trí của hộp tải trọng trong cọc.

### 5.2.3. Một số kết quả tải trọng thí nghiệm lớn trên thế giới

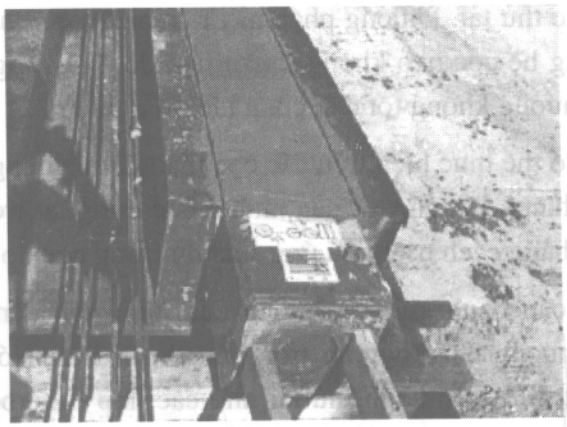
| Địa danh | Đường kính | Chiều sâu | Tải trọng lớn nhất |
|---|---|---|---|
| Ohio River Bridge, Kentucky | 1,8 m | 36 m | 54 MN |
| St. Mary's River, Georgia | 1,5 m | 23 m | 65 MN |
| Penang, Malaysia | 6×1 m(barrette) | 91 m | 97 MN |
| Singapore | 2,2 m | 51 m | 120 MN |
| Apalachicola River, Florida | 2,75 m | 39 m | 133 MN |
| Tucson, Arizona | 2,4 m | 41 m | 150 MN |

## 5.3. ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP HỘP TẢI TRỌNG OSTERBERG CHO CỌC ĐÚC SẴN

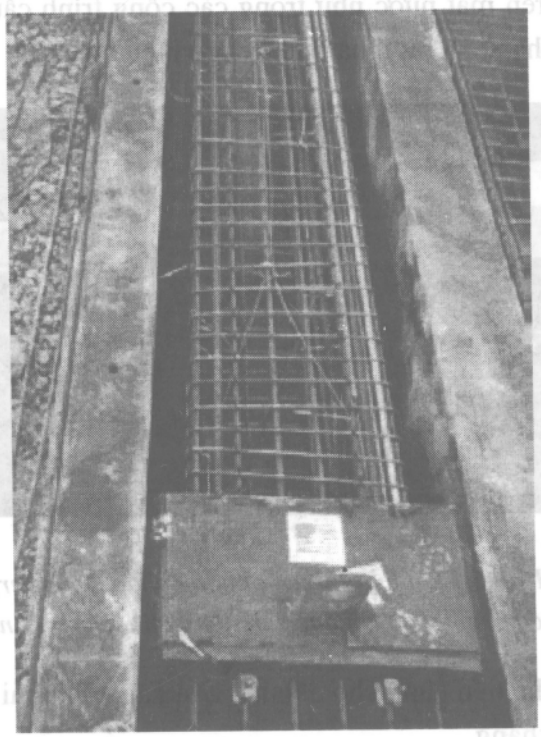
### 5.3.1 Trình tự tiến hành

Để áp dụng cho cọc bê tông đúc sẵn, chôn sẵn hộp Osterberg trong cọc trong quá trình chế tạo cọc. Sau đó quá trình đóng cọc đến chiều sâu thiết kế như bình thường. Quá trình thí nghiệm sức chịu tải cũng tiến hành như đối với các cọc đổ tại chỗ: bơm áp lực

cho hộp tải trọng để đánh giá sức chịu tải mũi bên dưới hộp và sức kháng thành bên bên trên hộp.



***Hình 5.16**: Bố trí hộp Osterberg tại đáy của cọc bê tông vuông cạnh 60 cm.*



***Hình 5.17**: Liên kết khung cốt thép và hộp tải trọng trong cọc đóng.*

### 5.3.2 Ưu điểm

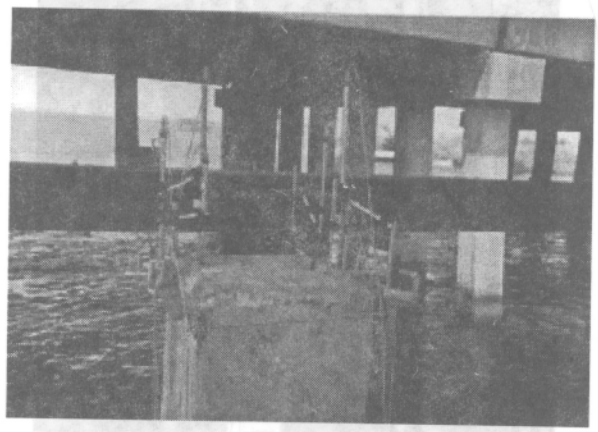
Ưu điểm chính của việc sử dụng phương pháp thử tải tĩnh Osterberg cho cọc đóng ngoài những ưu điểm nói chung cho các loại cọc đổ tại chỗ là có thể đo trực tiếp các thành phần sức chống mũi và sức kháng thành bên. Trong trường hợp cọc ma sát, hộp

Osterberg có thể chôn sẵn trong một đốt cọc nào phù hợp hay để thuận tiện có thể chôn tại mối nối cọc. Theo cách như vậy cho phép lựa chọn vị trí tối ưu đặt hộp tải trọng theo mục đích của công tác thử tải. Phương pháp này đặc biệt hiệu quả khi việc chất tải tĩnh truyền thống hay dùng hệ cọc neo không thuận tiện do mặt bằng chật hẹp hay việc thi công cọc neo có ảnh hưởng không tốt đến công tác thí nghiệm.

Phương pháp này có thể thực hiện trên các cọc thẳng đứng cũng như các cọc nghiêng. ảnh hưởng của thí nghiệm đến ứng xử của những cọc dùng lại trong công trình sau khi thử có thể giảm thiểu bằng cách triệt tiêu ứng suất dư trong cọc do đặt tải thí nghiệm.

Trong trường hợp cần đánh giá ảnh hưởng của thời gian đến sức chịu tải của cọc đóng, việc áp dụng phương pháp hộp tải trọng rất thuận tiện. Nó cho phép cứ sau một khoảng thời gian nhất định tiến hành thử tải nhờ các hộp Osterberg đã chôn sẵn trong cọc và thu được các giá trị sức kháng thành bên và sức chống mũi thay đổi theo thời gian (Xem ví dụ đã nêu trong mục 2.1.2 Chương 2 của sách này).

Đối với cọc đóng trên mặt nước như trong các công trình cầu, cảng, công trình biển việc áp dụng phương pháp này rất thuận tiện và có hiệu quả kinh tế cao.



***Hình 5.18**: Thử tải theo phương pháp Osterberg cho cọc vuông 60 cm đúc sẵn tiến hành trên mặt nước.*

Công tác thử tải có thể tiến hành cho đến hết khả năng chịu tải về mặt kết cấu của cọc đúc sẵn có đầy đủ sức kháng.

Công tác thử tải có thể tiến hành cho các cọc vuông đúc sẵn có cạnh 30 cm, 45 cm, 60 cm và 75 cm. Nói chung có thể thực hiện cho mọi loại kích thước và khả năng chịu tải của cọc.

Do đây là thử tải tĩnh nên có thể ghi nhận được mọi ảnh hưởng của thời gian và hiện tượng dão. Số liệu thu nhận được đủ để tính toán được ma sát và sức chống mũi đơn vị cũng như đánh giá được ứng xử của cọc khi chất tải đầu cọc tương đương.

# KẾT LUẬN

## 1. Đánh giá kết quả nghiên cứu của đề tài

+ Đã thực hiện xong hai mục tiêu chính của đề cương đề tài được duyệt là:

- Nắm chắc cơ sở lý thuyết khoa học, trình tự công nghệ của phương pháp và những vấn đề phải giải quyết để có khả năng ứng dụng công nghệ trên ở Hà Nội.

- Dự thảo quy định phương pháp thử tải trọng tĩnh bằng HTT Osterberg cho cọc khoan nhồi và cọc barrette cho các công trình cao tầng xây dựng ở Hà Nội.

+ Các sản phẩm chính của đề tài bao gồm:

*a) Các báo cáo chuyên đề, gồm 6 báo cáo là*

Chuyên đề 1: Tổng quan về các phương pháp đánh giá sức chịu tải của cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc barrette.

Chuyên đề 2: Tình hình ứng dụng cọc khoan nhồi, cọc barret và việc áp dụng công nghệ thử tải bằng Hộp tải trọng Osterberg ở Việt Nam.

Chuyên đề 3: Các đặc tính ưu việt và cơ sở khoa học của phương pháp thử tải bằng hộp kíchOsterberg.

Chuyên đề 4: Các giả thiết và lý thuyết đánh giá sức chịu tải của cọc trong các thí nghiệm thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg.

Chuyên đề 5: Nghiên cứu xác định trình tự công nghệ và khả năng áp dụng phương pháp thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg trong các dự án.

Chuyên đề 6: Quy định phương pháp thử tải trọng tĩnh bằng HTT Osterberg cho cọc khoan nhồi và cọc barrette cho các công trình cao tầng xây dựng ở Hà Nội.

*b) Báo cáo đề tài khoa học công nghệ:* Nghiên cứu ứng dụng phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg để đánh giá sức chịu tải của cọc khoan nhồi và cọc barette cho các công trình cao tầng ở Hà Nội.

Mã số: 01-C/04-06-2003-1.

*c) Quy định tạm thời:* Thử tải trọng tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg cho các cọc khoan nhồi và cọc barrette thi công trên địa bàn Hà Nội.

## 2. Kiến nghị phương hướng nghiên cứu tiếp

a) Thu thập thêm các số liệu thực tế Việt Nam và của nước ngoài để nhận thức đầy đủ hơn về giải thích kết quả thí nghiệm và sử dụng kết quả đó trong việc xác định sức chịu tải của cọc trong công trình. Tiến tới xây dựng quy trình thí nghiệm và các chỉ dẫn về sử dụng kết quả thí nghiệm trong thiết kế móng cọc trong điều kiện Việt Nam.

b) Tiến hành dự án chế tạo hộp kích và thí nghiệm thực tế để tiến tới làm chủ hoàn toàn công nghệ tự chế tạo thiết bị và giảm giá thành thí nghiệm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO


1. "*Static load test using the Osterberg Cell method.*" Jorj O. Osterberg. Kuala Lumpur, Malaysia, 1995.

2. "*Report on Drilled barrette load testing (Osterberg method). Barrette 41-27 Lang Ha, Dong Da, Ha noi, Viet nam (LT-2216-1).*" Loadtest International Inc.(USA). Loadtest Asia Pte Ltd (Singapore). December, 2002.

3. "*Report on Drilled barrette load testing (Osterberg method). Barrette 13-27 Lang Ha, Dong Da, Ha noi, Viet nam (LT-2216-2).*" Loadtest International Inc.(USA). Loadtest Asia Pte Ltd (Singapore). December, 2002.

4. "*Sample Guide Specifications for Osterberg Cell Load Testing of Drilled Shafts.*" Loadtest International Inc.(USA). Octorber, 2002.

5. "*The Osterberg Cell and Bored Pile Testing – A symbiosis.*" John H. Schmertmann and John A. Hayes. The Third International Geotechnical Engineering Conference. Cairo University-Egypt. January, 1997.

6. *Ostreberg Load Test Method Statement for Barrette Pile.* Proposed Vietcombank Tower, Hanoi, Vietnam Bachy soletanche 2Yet kieu Street Hanoi, Vietnam.

7. "*Quy trình thí nghiệm nén tĩnh Osterberg và kiểm tra chất lượng cọc công trình Nhà ở tiêu chuẩn cao kết hợp văn phòng 27 Láng Hạ- Hà Nội*". Trung tâm Kỹ thuật nền móng công trình Trường ĐHXD Hà Nội. 10/2002.

8. *Báo cáo sơ bộ lần 2 thí nghiệm Osterberg công trình 27 Láng Hạ - Hà Nội.* Trung tâm Kỹ thuật nền móng công trình Trường ĐHXD Hà Nội. 12/2002.

9. *Về thi công nền móng của công trình CIT(17 Ngô Quyền).* Nguyễn Anh Dũng.

10. *Dự tính sức chịu tải của cọc khoan nhồi.* Nguyễn Trường Tiến.

11. *Một số nghiên cứu đánh giá sức chịu tải của cọc khoan nhồi.* Nguyễn Trường Tiến.

12. *Công nghệ mới đánh giá chất lượng cọc.* TS Nguyễn Hữu Đẩu. NXB Xây dựng. Hà Nội, 2000.

# PHỤ LỤC I

# QUY ĐỊNH THỬ TẢI TRỌNG TĨNH BẰNG HỘP TẢI TRỌNG OSTERBERG CHO CÁC CỌC KHOAN NHỒI VÀ CỌC BARRETTE TRÊN ĐỊA BÀN HÀ NỘI (DỰ THẢO)

## Chương 1

## QUY ĐỊNH CHUNG

### 1.1. Phạm vi áp dụng và quy định chung

**1.1.1.** Quy định này áp dụng cho công tác thử tải trọng tĩnh bằng Hộp tải trọng Osterberg cho các cọc khoan nhồi và cọc barette trong các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp trên địa bàn Hà Nội.

**1.1.2.** Công tác thử tải trọng tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg cho các cọc khoan nhồi và cọc barette phải được một nhà thầu chuyên ngành có đủ tư cách pháp nhân và giấy phép kinh doanh thực hiện.

**1.1.3.** Nhà thầu phải bố trí đội ngũ cán bộ và công nhân được đào tạo và có kinh nghiệm thuộc chuyên ngành thử tải bằng phương pháp Hộp tải trọng Osterberg đảm nhiệm công việc.

**1.1.4.** Trong quá trình thử tải phải nghiêm khắc chấp hành các quy tắc kỹ thuật an toàn của các tiêu chuẩn hiện hành.

**1.1.5.** Các loại vật liệu sử dụng trong quá trình thử tải và bơm vữa sau thử tải phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật theo các các tiêu chuẩn hiện hành và phải đáp ứng các yêu cầu riêng đối với công tác thử tải quy định tại hồ sơ thiết kế. Công tác thí nghiệm kiểm định vật liệu phải do các phòng thí nghiệm hợp chuẩn thực hiện.

**1.1.6.** Các thiết bị đo đạc, kiểm tra dùng trong thí nghiệm, đặc biệt là các hộp tải trọng phải có chứng chỉ kiểm định hợp lệ do nhà sản xuất và các cơ quan kiểm định có đủ tư cách pháp nhân cấp.

**1.1.7.** Ngoài việc tuân theo các quy định cụ thể trong bản quy định này, công tác thử tải trọng tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg cho các cọc khoan nhồi và cọc barette còn phải tuân thủ các tiêu chuẩn khác có liên quan dưới đây:

*- TCXD 269: 2002 Cọc-Phương pháp thí nghiệm hiện trường.*

*- TCXD 205: 1998 Móng cọc-Tiêu chuẩn Thiết kế.*

*- TCXD 206: 1998 Cọc khoan nhồi-Yêu cầu về chất lượng thi công.*

*- TCVN 5724:1993 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép-Điều kiện kỹ thuật tối thiểu để thi công và nghiệm thu.*

*- ASTM D-1143 (Quick Test Method).*

*- Một số tiêu chuẩn khác trích dẫn trong các chương mục.*

**1.2. Giải thích từ ngữ**

**1.2.1.** *Hộp tải trọng Osterberg* (Gọi tắt là *hộp tải trọng)*: Là một loại kích chuyên dụng có hình dạng lăng trụ tròn hoặc vuông. Khi tăng áp lực chất lỏng trong kích, hai mặt trên và mặt dưới có chuyển vị tách xa nhau.

**1.2.2.** *Khả năng sinh tải của hộp tải trọng Osterberg:* Là khả năng tạo tải trọng lớn nhất của hộp lên các phần trên và phần dưới của thân cọc khi tăng áp lực chất lỏng trong kích.

**1.2.3.** *Hành trình của hộp tải trọng Osterberg*: Là khả năng chuyển vị tương đối lớn nhất giữa bản thép mặt trên và bản thép mặt dưới của *Hộp tải trọng.*

**1.2.4.** *Tổ hợp hộp tải trọng:* Là tổ hợp thiết bị bao gồm một (hay nhiều) hộp tải trọng Osterberg được hàn cố định với hai bản thép gia cường nằm song song ở phía trên và phía dưới

**1.2.5.** *Tổ hợp thí nghiệm:* Là cụm thiết bị gồm *Tổ hợp hộp tải trọng* hàn liên kết với các ống bảo vệ thanh truyền và khung cốt thép đầu tiên của cọc

**1.2.6.** *Đường cong chuyển vị- tải trọng đầu cọc tương đương* là đường cong được xây dựng từ đường cong chuyển vị đầu cọc - tải trọng và đường cong chuyển vị mũi cọc - tải trọng trong thí nghiệm bằng hộp tải trọng Osterberg với giả thiết là đường cong này tương đương với đường cong thu được trong thử tải đầu cọc truyền thống.

## Chương 2

## VẬT LIỆU VÀ THIẾT BỊ

**2.1. Yêu cầu chung**

Vật liệu và thiết bị được cung cấp đến công trường phải theo đúng yêu cầu đã quy định trong thiết kế để lắp đặt Hộp tải trọng Osterberg, thực hiện thí nghiệm và tháo dỡ các thiết bị thí nghiệm.

**2.2. Thiết bị gia tải**

**2.2.1.** Hộp tải trọng Osterberg phải do một công ty chế tạo thiết bị chuyên dụng cung cấp và có chứng chỉ xuất xưởng kèm theo.

Các hộp tải trọng Osterberg phải có đặc tính sinh tải theo một hướng phù hợp với yêu cầu của công tác thử tải và được trang bị đồng bộ các đường ống thủy lực, đầu nối, nguồn áp lực, đầu đo và đồng hồ đo áp lực.

**2.2.2.** Bơm cao áp có đặc tính kỹ thuật tối thiểu:

- Áp lực nén: 50 MPa

-Lưu lượng bơm: 2,25 lít/phút

**2.2.3.** Toàn bộ các thiết bị áp lực và hệ thống đường ống thuỷ lực được kiểm tra tới áp lực tương ứng với khả năng sinh tải của hộp tải trọng để đảm bảo không có bất kỳ sự rò rỉ nào.

2.3. **Thiết bị đo đạc**

**2.3.1.** Các thiết bị sau đây được phép sử dụng để đo chuyển vị của cọc thí nghiệm:

- Các đầu đo biến dạng tuyến tính LVDT (Linear Vibrating Displacement Tranceducer) dùng để đo chuyển vị lên của đầu cọc có hành trình tối thiểu 100mm và có khả năng đọc với độ chính xác đến 0,025mm.

- Các đầu đo kỹ thuật số hoặc các đầu đo kiểu dây rung LVWDT (Linear Vibrating Wire Displacement Tranceducer) dùng để đo chuyển vị của mũi cọc có hành trình tối thiểu 150mm và có khả năng đọc với độ chính xác đến 0,01mm .

- Các đầu đo cơ, các đầu đo kỹ thuật số hoặc các đầu đo LVWDT dùng để đo độ nén thân cọc có hành trình tối thiểu 50mm và có khả năng đọc với độ chính xác đến 0,025

**2.4. Các vật liệu và thiết bị khác**

**2.4.1.** *Các vật liệu khác*: bao gồm

a) Nước ngọt từ các nguồn cung cấp nước sạch sinh hoạt để trộn với dầu hòa tan do công ty chế tạo Hộp tải trọng Osterberg cung cấp để tạo ra dầu thủy lực cho hệ bơm tạo áp lực.

b) Vật liệu phù hợp để chế tạo một dầm làm mốc cho việc quan trắc chuyển vị của cọc trong quá trình thí nghiệm. Để tránh các ảnh hưởng xấu đến các số liệu đo đạc, dầm này được đỡ trên các trụ cách tâm cọc thử ít nhất ba lần đường kính thân cọc. Để đảm bảo tin cậy phải bố trí máy cao đạc để quan trắc dầm.

c) Vật liệu đủ để bảo vệ khu vực làm việc (bao gồm làm hàng rào ngăn cách và che chắn trong điều kiện thời tiết bất lợi cho thiết bị thí nghiệm và người tham gia thí nghiệm) theo yêu cầu của kỹ sư tư vấn.

d) Nguồn năng lượng điện ổn định cho ánh sáng, cho công tác hàn và các thiết bị thí nghiệm...

e) Vật liệu cần thiết để chế tạo giá đỡ, các bản thép đỡ và các thiết bị cần thiết khác để gắn các Hộp tải trọng vào khung cốt thép cọc theo yêu cầu của thiết kế thí nghiệm.

**2.4.2.** Các vật liệu cung cấp mà không trở thành phần để lại trong công trình lâu dài thì thuộc về công tác thử tải và Nhà thầu thí nghiệm thử tải có trách nhiệm tháo dỡ mang đi khỏi công trường sau khi thí nghiệm.

**2.4.3.** *Yêu cầu khác về thiết bị và nhân lực.*

Nhà thầu phải cung cấp nhân lực và các thiết bị cần thiết khác để lắp đặt hộp tải trọng, thực hiện thí nghiệm thử tải và tháo dỡ sau khi thí nghiệm, bao gồm:

Thiết bị hàn, công nhân hàn có chứng chỉ tay nghề từ bậc 3 trở lên và các thợ phụ theo yêu cầu để tổ hợp thiết bị thí nghiệm, gắn các thiết bị vào hộp tải trọng và chuẩn bị mặt bằng thí nghiệm dưới sự giám sát của các kỹ sư tư vấn được ủy quyền.

Thiết bị và nhân lực để chế tạo khung cốt thép và khung lắp đặt bao gồm cả các bản thép gia cường theo yêu cầu của công tác thí nghiệm.

Thiết bị cẩu lắp và công nhân vận hành để lắp đặt các hộp tải trọng với khung cốt thép và lắp dựng toàn bộ hệ thống thiết bị vào vị trí theo đúng thiết kế thí nghiệm.

Thiết bị và nhân lực phù hợp để thi công bảo vệ khu vực làm việc và chế tạo các phụ kiện khác theo yêu cầu của các kỹ sư tư vấn được ủy quyền.

## Chương 3

# TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM VÀ BÁO CÁO KẾT QUẢ

### 3.1. Công tác chuẩn bị

**3.1.1.** Đối với cọc khoan nhồi đã được chọn làm thí nghiệm thử tải, Nhà thầu phải thi công cọc thử theo đúng công nghệ thi công đã được duyệt cho đến khi việc đào hố thân cọc hoàn thành.

**3.1.2.** Việc tổ hợp các hộp tải trọng, các đường ống thủy lực và các thiết bị khác được thực hiện dưới sự giám sát của các kỹ sư tư vấn được ủy quyền trên một diện tích thích hợp bên cạnh vị trí cọc thử do nhà thầu bố trí.

**3.1.3.** Tổ hợp hộp tải trọng được hàn vào đáy của khung cốt thép trong lúc thi công khung. Mặt phẳng của các bản đáy của *Tổ hợp hộp tải trọng* phải được đặt vuông góc với trục dọc của khung cốt thép.

**3.1.4.** Nhà thầu phải hết sức thận trọng khi cẩu lắp *Tổ hợp thí nghiệm* (khung cốt thép đã gắn *Tổ hợp hộp tải trọng*) để tránh làm hư hỏng thiết bị thí nghiệm. Khi cẩu nâng khung cốt thép từ vị trí nằm ngang sang vị trí lắp dựng phải hạn chế độ võng của khung cốt thép < 1/100 chiều dài khung.

Khoảng cách lớn nhất giữa hai điểm buộc để cẩu nâng là 7,5 m. Trong trường hợp cần thiết phải có các khung đỡ cứng để đảm bảo độ võng nằm trong giới hạn cho phép nói trên. Tổ hợp Hộp tải trọng phải được giữ vuông góc với trục dọc của khung cốt thép trong suốt quá trình cẩu nâng và lắp đặt.

**3.1.5.** Khi công tác đào hố thân cọc thử đã hoàn thành phải tiến hành kiểm tra và nghiệm thu công tác đào trước khi tiến hành lắp đặt *Tổ hợp thí nghiệm*.

**3.1.6.** Ngay trước khi lắp đặt *Tổ hợp thí nghiệm* phải đổ một lớp bê tông đệm ở đáy hố đào theo phương pháp được thiết kế chỉ định để hình thành một nền phẳng và tạo điểm tựa cho *Tổ hợp thí nghiệm*. Khuyến nghị nên dùng cách đặt *Tổ hợp thí nghiệm* trước, sau đó dùng đường ống bơm hay ống Tremmie để đổ lớp bê tông đệm. *Tổ hợp thí nghiệm* phải ngập một phần và tựa vững chắc vào lớp nền bê tông đệm.

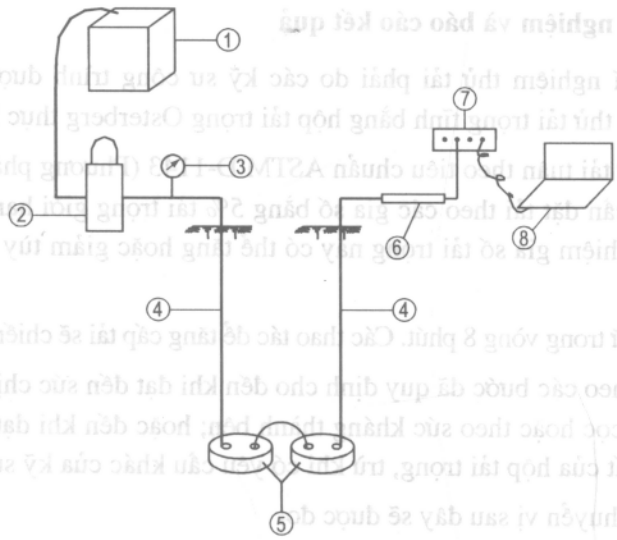
**3.1.7.** Sau khi đã lắp đặt *Tổ hợp thí nghiệm*, các khung cốt thép cùng với các đoạn ống áp lực và ống bảo vệ thanh truyền tiếp theo được lần lượt lắp dựng. Việc nối các đoạn ống phải đảm bảo mối nối kín khít để ngăn không cho vữa bê tông lọt vào.

**3.1.8.** Công tác đổ bê tông thân cọc được thi công theo công nghệ như các cọc khác dùng cho công trình. Tuy nhiên, nếu được kỹ sư tư vấn cho phép, nhà thầu có thể sử dụng xi măng đông cứng nhanh để sản xuất bê tông nhằm giảm thời gian chờ đợi để thí nghiệm.

Ngoài việc đúc các mẫu bê tông để kiểm tra theo tiêu chuẩn đã quy định, cần đúc thêm ít nhất 2 tổ mẫu để có số liệu quyết định thời điểm thực hiện thí nghiệm chất tải. Một tổ mẫu được thử trước khi thử tải và tổ mẫu còn lại được thử trong ngày thử tải.

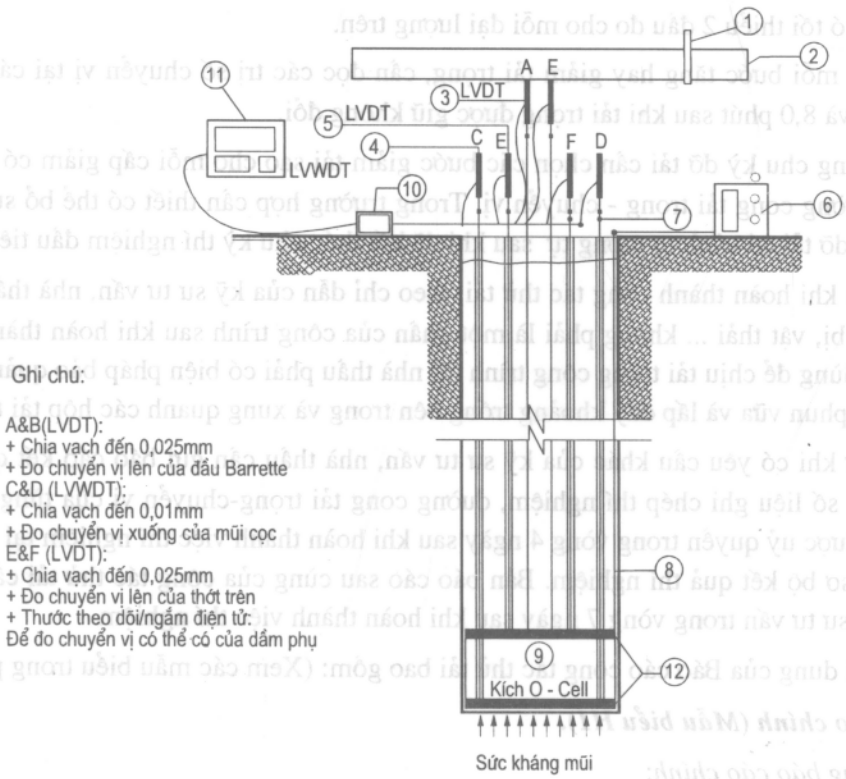
**3.1.9.** Công tác lắp đặt các thiết bị gia tải và dụng cụ đo đạc được thực hiện như trong sơ đồ (Xem các hình 3.1 và 3.2).

**3.1.10.** Khi thử tải, mọi công việc thi công khác có thể gây ra các chấn động ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm (như rung hạ ống vách, đào hố thân cọc...) không được hoạt động trong vòng 30 m kể từ tâm cọc thử . Nếu các thiết bị thí nghiệm cho thấy có ảnh hưởng của bất kỳ một hoạt động thi công nào bên ngoài phạm vi trên thì phải dừng ngay các hoạt động đó.



***Hình 3.1:*** *Sơ đồ lắp đặt hệ thống áp lực*

*1. Thùng cấp nước; 2. Bơm; 3. Đồng hồ áp lực tại máy bơm; 4. Ống dẫn chịu áp lực*
*5. Hộp tải trọng; 6. Đầu đo áp lực điện tử; 7. Bộ thu số liệu; 8. Máy tính.*




***Hình 3.2:*** *Sơ đồ lắp đặt Hộp tải trọng và các thiết bị đo đạc*

*1. Thước theo dõi chuyển vị dầm; 2. Dầm (Mốc cố định); 3.(A&B)-LVDT đo chuyển vị đầu cọc; 4(C&D)LVDT. Đo chuyển vị tấm thép đáy; 5. (E&F) đo chuyển vị tấm thép trên; 6. Máy bơm; 7. Thanh truyền; 8. Đường dẫn áp lực; 9. Kích O-cell; 10. Bộ thu số liệu; 11. Máy tính; 12. Các tấm thép đáy.*

**3.2. Tiến hành thí nghiệm và báo cáo kết quả**

**3.2.1.** Công tác thí nghiệm thử tải phải do các kỹ sư công trình được đào tạo và có kinh nghiệm trong lĩnh vực thử tải trọng tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg thực hiện.

**3.2.2.** Công tác thử tải tuân theo tiêu chuẩn ASTM D-1143 (Phương pháp thử tải nhanh). Các bước gia tải đầu tiên cần đặt tải theo các gia số bằng 5% tải trọng giới hạn dự kiến của cọc thử. Trong quá trình thí nghiệm gia số tải trọng này có thể tăng hoặc giảm tùy theo sức chịu tải thực tế của cọc thử.

Mỗi cấp tải được giữ trong vòng 8 phút. Các thao tác để tăng cấp tải sẽ chiếm khoảng 1 đến 2 phút.

**3.2.3.** Cần đặt tải theo các bước đã quy định cho đến khi đạt đến sức chịu tải giới hạn của cọc theo sức chịu tải mũi cọc hoặc theo sức kháng thành bên; hoặc đến khi đạt tới khả năng sinh tải hay hành trình lớn nhất của hộp tải trọng, trừ khi có yêu cầu khác của kỹ sư tư vấn.

**3.2.4.** Các số liệu chuyển vị sau đây sẽ được đo:

- Chuyển vị mũi cọc hướng xuống dưới.

- Chuyển vị đỉnh cọc hướng lên trên.

- Độ nén thân cọc.

Yêu cầu có tối thiểu 2 đầu đo cho mỗi đại lượng trên.

**3.2.5.** Tại mỗi bước tăng hay giảm tải trọng, cần đọc các trị số chuyển vị tại các thời điểm 1,0; 2,0; 4,0 và 8,0 phút sau khi tải trọng được giữ không đổi.

**3.2.6.** Trong chu kỳ dỡ tải cần chọn các bước giảm tải sao cho mỗi cấp giảm có ít nhất 4 số liệu để vẽ đường cong tải trọng - chuyển vị. Trong trường hợp cần thiết có thể bổ sung các chu kỳ gia tải và dỡ tải có trình tự tương tự sau khi đã kết thúc chu kỳ thí nghiệm đầu tiên.

**3.2.7.** Sau khi hoàn thành công tác thử tải, theo chỉ dẫn của kỹ sư tư vấn, nhà thầu phải tháo dỡ mọi thiết bị, vật thải ... không phải là một phần của công trình sau khi hoàn thành. Nếu cọc thử sẽ được dùng để chịu tải trọng công trình thì nhà thầu phải có biện pháp bảo quản các đường ống dùng để phun vữa và lấp đầy khoảng trống bên trong và xung quanh các hộp tải trọng.

**3.2.8.** Trừ khi có yêu cầu khác của kỹ sư tư vấn, nhà thầu cần gửi báo cáo kết quả ban đầu bao gồm các số liệu ghi chép thí nghiệm, đường cong tải trọng-chuyển vị của từng thí nghiệm thử tải cho được uỷ quyền trong vòng 4 ngày sau khi hoàn thành việc thí nghiệm tại hiện trường để đánh giá sơ bộ kết quả thí nghiệm. Bản báo cáo sau cùng của công tác thử tải cần trình chủ đầu tư và kỹ sư tư vấn trong vòng 7 ngày sau khi hoàn thành việc thí nghiệm.

**3.2.9.** Nội dung của Báo cáo công tác thử tải bao gồm: (Xem các mẫu biểu trong phụ lục H )

***1. Báo cáo chính (Mẫu biểu H1).***

*+ Nội dung báo cáo chính:*

- Một số thông tin chung về cọc thử

- Các nội dung chính của báo cáo

- Bố trí thiết bị và đo đạc

- Trình tự thí nghiệm.

- Giải thích kết quả.

- Chữ ký của: Người thực hiện thí nghiệm, Người kiểm tra, Đại diện nhà thầu thí nghiệm

*+ Các bảng thông tin về cọc thí nghiệm.*

- Kích thước, cao trình và các đặc trưng của cọc thí nghiệm. (Mẫu biểu H2)

- Sơ đồ Mặt cắt của cọc thí nghiệm. (Mẫu biểu H3)

*+ 5 Biểu đồ thí nghiệm Osterberg*

- Các đường cong chuyển vị - tải trọng hộp Osterberg (Gồm chuyển vị đi lên - tải trọng gross và chuyển vị đi xuống - tải trọng gross)

- Các đường cong chuyển vị - tải trọng đầu cọc tương đương.

- Đường cong ma sát thành bên đơn vị trung bình.

- Giới hạn dão phối hợp sức kháng mũi và ma sát thành bên đoạn dưới.

- Giới hạn dão ma sát thành bên phần trên.

***2. Phụ lục báo cáo thí nghiệm***

*+Phụ lục A: Số liệu hiện trường và số liệu đã hiệu chỉnh* (Mẫu biểu H5)

- Bảng A1: Chuyển vị đi lên của đầu cọc và độ nén thân cọc.

- Bảng A2: Độ mở rộng, độ nén của hộp tải trọng.

- Bảng A3: Chuyển vị đi lên và đi xuống của bản đỡ hộp tải trọng và chuyển vị dão tính toán

*+ Phụ lục B*: Tập hợp các chứng chỉ kiểm định:

- Chứng chỉ kiểm định các hộp tải trọng.

- Chứng chỉ các đầu đo chuyển vị (các loại).

- Chứng chỉ các đầu đo và đồng hồ đo áp lực.

(Số lượng các chứng chỉ tuỳ thuộc vào số thiết bị lắp đặt phục vụ thí nghiệm).

## Chương 4

## CÔNG TÁC BƠM VỮA SAU

*(Đối với các cọc thí nghiệm được dùng lại trong công trình)*

### 4.1. Điều kiện phải bơm vữa

Trong thí nghiệm bằng hộp tải trọng Osterberg thân cọc bị tách rời nhau theo một mặt phẳng nằm ngang tại vị trí đặt hộp tải trọng, sau khi gia tải đã hình thành một khoảng trống bên trong hộp tải trọng và ở phần bên trên và bên dưới hộp tải trọng.

*Nếu cọc đã được thí nghiệm sẽ được dùng lại để chịu tải trọng công trình thì phải tiến hành phun vữa để lấp đầy các khoảng trống nói trên.*

### 4.2. Sản xuất vữa bơm

**4.2.1.** Thành phần của vữa bơm gồm xi măng Portland, nước, phụ gia nở, phụ gia hoá dẻo, không sử dụng phụ gia đông cứng nhanh.

- Xi măng loại PC30, PC40 hàm lượng clorua và sunfat ≤ 0,5%.

- Nước là loại dùng để trộn bê tông.

- Tỷ lệ nước/xi măng = 0,4 ÷ 0,5.

**4.2.2.** Tính năng kỹ thuật của vữa bơm.

- Cường độ chịu nén không thấp hơn 25 MPa.

- Độ nhớt trong khoảng 15 ÷ 25 giây.

- Độ tách nước sau 3 giờ không quá 2% và sau 24 giờ bị vữa hút hết.

- Độ co ngót không vượt quá 0,003.

- Thời gia đông kết: Bắt đầu 3 giờ; Kết thúc 24 giờ.

**4.2.3.** Chỉ được sản xuất và bơm vữa sau khi có chứng nhận về tính năng kỹ thuật của mẻ vữa thí nghiệm đạt yêu cầu nêu trong điều 4.2.2.

**4.2.4.** Vữa được trộn theo đúng liều lượng bằng máy khuấy cánh quạt, sai số cân đong không quá ± 1%.Trình tự nạp liệu: nước-xi măng-phụ gia.Quay máy trộn trước khi nạp xi măng, không được dừng máy trong khi nạp vật liệu và phải trộn tiếp 5 phút sau khi đã nạp đủ các thành phần.

Phải lọc vữa xi măng qua mắt sàng 2mm trước khi bơm.

**4.2.5.** Khối lượng vữa chuẩn bị thường ≥ 3 lần khối lượng theo tính toán lý thuyết để lấp đầy khoảng trống bên trong và không gian bao quanh Hộp tải trọng. Lấy một tổ mẫu vữa để kiểm tra cường độ nén 28 ngày.

**4.3. Công tác bơm vữa**

**4.3.1.** Bơm vữa vào trong hộp tải trọng: Nối đầu ra của máy bơm vữa vào một ống thuỷ lực của HTT để bơm vữa vào hộp kích. Duy trì áp lực bơm từ 3 ÷ 5 MPa cho đến khi quan sát thấy vữa thoát ra từ đầu ống thuỷ lực kia.

**4.3.2.** Bơm vữa vào khoảng trống xung quanh HTT:

Trước tiên bơm nước để tống các nút bịt đường ống dẫn vữa (mỗi thân cọc có hai đường ống). Sau đó tiến hành bơm vữa liên tục cho tới khi vữa phun ra ở đầu ống thứ hai. Nếu không quan sát được dòng vữa phun ra từ ống thứ 2 thì chuyển bơm đến ống thứ 2 và bơm thêm 1,5 khối lượng vữa lý thuyết. Toàn bộ quá trình bơm cần hoàn thành trước khi vữa bơm ban đầu ninh kết.

## Chương V

## CÔNG TÁC AN TOÀN

**5.1.** Cán bộ công nhân tham gia công tác thử cọc phải nắm vững các quy định về an toàn lao động trên công trường, đặc biệt các quy định trong công tác cẩu lắp, vận hành các thiết bị điện và các thiết bị thủy lực cao áp.

**5.2.** Các thiết bị thi công như máy hàn điện, máy bơm cao áp, cần cẩu... phải được kiểm tra nghiêm ngặt trước khi đưa vào sử dụng và vận hành thử theo các tiêu chuẩn an toàn hiện hành của thiết bị.

## Phụ lục A

## KÍCH THƯỚC VÀ ĐẶC TRƯNG KỸ THUẬT CÁC HỘP TẢI TRỌNG

### A.1. Loại dùng cho cọc khoan nhồi và cọc barrette

| Khả năng tạo tải trọng (tấn) | Đường kính (cm) | Chiều cao (cm) | Hành trình lớn nhất (cm) | Trọng lượng (kg) |
|---|---|---|---|---|
| 40 | 10 | 13 | 7,5 | 9 |
| 75 | 13 | 13 | 7,5 | 14,5 |
| 200 | 22,5 | 26,8 | 15 | 86 |
| 400 | 32,5 | 29 | 15 | 135 |
| 1000 | 53,1 | 29 | 15 | 360 |
| 3000 | 85,6 | 30,3 | 15 | 495 |

### A.2. Loại dùng cho cọc đóng

| Khả năng tạo tải trọng (tấn) | Kích thước (cm) | Hành trình lớn nhất (cm) |
|---|---|---|
| 300 | 45×45 dùng cho cọc bê tông đúc sẵn. | 15 |
| 500 | 35×35 tiêu chuẩn, dùng cho cọc bê tông đúc sẵn. | 15 |
| 800 | 45×45 dùng cho cọc ống | 15 |

## Phụ lục B

## KIẾN NGHỊ VỀ LỰA CHỌN VÀ BỐ TRÍ HỘP TẢI TRỌNG TRONG THÍ NGHIỆM OSTERBERG

### B.1. Lựa chọn khả năng sinh tải của hộp tải trọng

Nếu gọi khả năng sinh tải của HTT là $P_{HTT}$ (tấn) và tải trọng thử yêu cầu là $P_{uy/c}$(tấn) thì:

$$n \times P_{HTT} = \eta . P_{uy/c}$$

$\eta$ - Hệ số vượt tải. $\eta = 1,0 \div 1,3$

n - Số hộp tải trọng bố trí tại cùng một tổ hợp tải trọng và các bản thép đỡ trên và dưới (cùng một tầng).

*Lưu ý:*

1. Các hộp tải trọng đều được kiểm định đến (110 – 115)% khả năng sinh tải tiêu chuẩn.

2. Việc chọn hệ số vượt tải tuỳ vào điều kiện địa chất và cọc cụ thể đồng thời xét đến yếu tố kinh tế( nếu chọn càng lớn thì chi phí cho hộp tải trọng càng cao).

3. Số lượng hộp cho một tầng được chọn theo nguyên tắc càng ít hộp càng tốt (đảm bảo phát huy tải trọng đồng thời).

### B.2. Bố trí HTT Osterberg

**B.2.1.** Trong trường hợp sức kháng thành bên và sức chống mũi của cọc tương đương nhau thì bố trí một tầng hộp ở gần mũi cọc, cách mũi cọc một khoảng từ 1,0 ÷ 2,0 D. D là đường kính

cọc (khi cọc tròn) hay cạnh nhỏ (khi là cọc barrette). Mục đích là để bản thép đỡ dưới HTT "ngồi" trên lớp bê tông mũi cọc có chiều cao đủ tạo sức chống mũi như dự kiến.

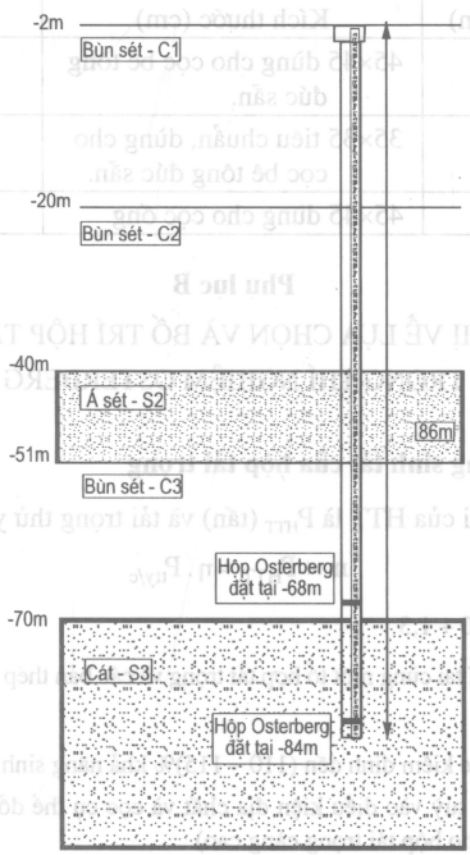
**B.2.2.** Khi sức chống mũi dự kiến nhỏ hơn nhiều so với sức kháng thành bên dự kiến thì nên bố trí hai tầng hộp để có thể thực hiện nhiều bước chất tải nhằm xác định giá trị sức chống mũi giới hạn và các sức kháng thành bên giới hạn của hai tầng cọc do tầng hộp tải trọng thứ hai gây ra. Có thể tham khảo trường hợp của cầu Mỹ Thuận sau đây (Hình H1)

- Bố trí hộp tải trọng A ở mũi cọc tại cao trình -84,0 m
- Bố trí hộp tải trọng B tại cao trình -68,0 m
- Tiến hành chất tải theo các giai đoạn như sau:

Giai đoạn 1: Hộp B mở. Chất tải hộp A xác định ma sát giới hạn đoạn AB.

Giai đoạn 2: Hộp B đóng. Chất tải hộp A xác định sức chống mũi giới hạn.

Giai đoạn 3: Hộp A đóng. Chất tải hộp B xác định ma sát giới hạn đoạn từ B trở lên đầu cọc.




***Hình H1:*** *Sơ đồ bố trí 2 tầng HTT Osterberg tại Trụ mố Nam cầu Mỹ Thuận.*

## Phụ lục C

## CÁC GIẢ THIẾT DÙNG TRONG THÍ NGHIỆM THỬ TẢI BẰNG HỘP TẢI TRỌNG OSTERBERG

Trong thử tải trọng tĩnh theo phương pháp hộp tải trọng Osterbergtải trọng thử không đặt trên đầu cọc mà đặt ở mũi hoặc ở thân cọc, khi tăng tải cọc chuyển dịch lên phía trên (trường hợp hộp tải trọng đặt ở mũi cọc), hoặc có đoạn cọc chuyển dịch lên phía trên và có đoạn cọc chuyển dịch xuống phía dưới (trường hợp hộp tải trọng đặt ở giữa thân cọc). Tương ứng với trường hợp trên lực kháng ma sát của đất xung quanh thân cọc có chiều hướng xuống dưới ngăn cản chuyển dịch đi lên của cọc và lực kháng của đất mũi cọc có chiều hướng lên trên ngăn cản chuyển dịch đi xuống của phần mũi cọc và phần dưới của hộp tải trọng. Trong trường hợp sau, đoạn cọc phía trên hộp tải trọng có lực kháng ma sát của đất xung quanh thân cọc có chiều hướng xuống dưới ngăn cản chuyển dịch đi lên của đoạn cọc đó và đối với đoạn cọc phía dưới hộp tải trọng lực kháng ma sát của đất xung quanh thân cọc có chiều hướng lên trên ngăn cản chuyển dịch đi xuống của đoạn cọc đó và lực kháng của đất mũi cọc có chiều hướng lên trên ngăn cản chuyển dịch đi xuống của đoạn mũi cọc và phần dưới của hộp tải trọng. Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị thu được là các quan hệ riêng rẽ giữa tải trọng do hộp tải trọng gây ra đối với cọc và các chuyển vị đi xuống hoặc đi lên của cọc hay các đoạn cọc tùy theo sơ đồ đặt hộp.

Do kết quả thu được là hai biểu đồ tải trọng - chuyển vị mũi cọc độc lập nhau như đã nói ở trên, nên để dễ sử dụng và so sánh với thử tải tĩnh truyền thống phải xây dựng biểu đồ tải trọng - chuyển vị đầu cọc tương đương như trong thử tĩnh truyền thống. Để thực hiện việc đó đã dựa vào các giả thiết cơ bản sau đây:

1. Đường cong chuyển vị - tải trọng mũi trong cọc được chất tải truyền thống giống như đường cong chuyển vị - tải trọng được xây dựng với chuyển dịch đi xuống của hộp tải trọngđặt tại đáy.

2. Đường cong chuyển vị - tải trọng ma sát bên của chuyển dịch đi lên trong thí nghiệm hộp tải trọng giống như chuyển dịch đi xuống trong một thí nghiệm truyền thống.

3. Bỏ qua độ nén trong thân cọc khi xem nó là vật rắn.

## Phụ lục D

## PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG CHUYỂN VỊ-TẢI TRỌNG ĐẦU CỌC TƯƠNG ĐƯƠNG TỪ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM BẰNG HỘP TẢI TRỌNG OSTERBERG

Căn cứ theo sự hợp lý và thiên về an toàn, đã sử dụng các giả thiết sau đây để xây dựng đường cong chuyển vị-tải trọng đầu cọc tương đương từ kết quả thí nghiệm O-Cell:

1. Đường cong chuyển vị-tải trọng mũi cọc trong cọc chất tải đầu cọc có cùng tải trọng net (đã trừ trọng lượng đẩy nổi của cọc phía trên hộp O-Cell) đối với một chuyển vị cho trước đối với đường cong chuyển vị-tải trọng mũi cọc phát triển ở đáy hộp O-Cell khi nó đặt ở hay gần mũi cọc.

2. Đường cong chuyển vị-tải trọng trượt thành bên trong cọc chất tải đầu cọc có cùng sức kháng trượt thành bên net, đã nhân với hệ số hiệu chỉnh 'F' đối với một chuyển vị đi xuống đã cho như xảy ra trong thí nghiệm O-Cell mà đỉnh hộp có cùng chuyển vị như thế theo hướng đi

lên. Tương tự như vậy cho chuyển vị đi lên trong thí nghiệm kéo chất tải đầu cọc. Trừ những trường hợp có lưu ý khác đi, trong phương pháp này đã sử dụng các hệ số hiệu chỉnh như sau:

a. F = 1,00 trong mọi cọc chống trên đá và đất chủ yếu là loại đất dính chịu nén.

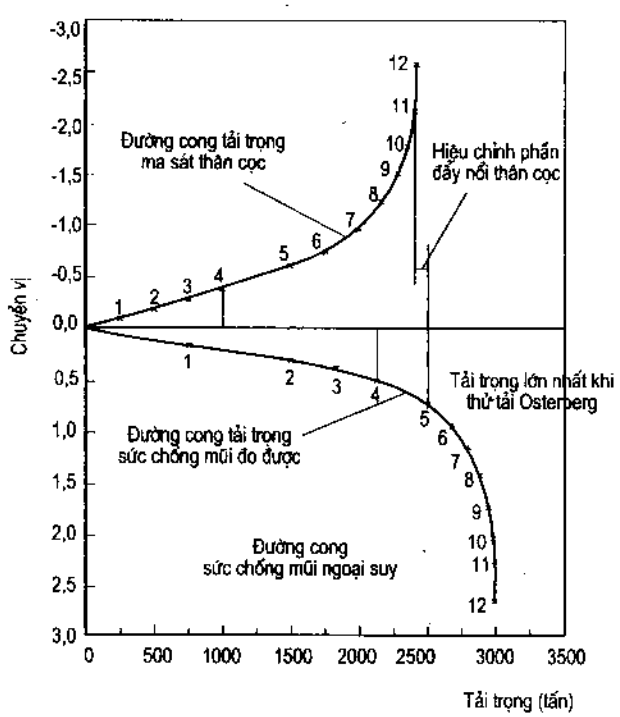
b. F = 0,95 trong đất chủ yếu là loại không dính.

c. F = 0,80 cho mọi loại đất khi chịu tải kéo trên đầu cọc.

3. Ban đầu giả thiết cọc làm việc như một vật rắn nhưng có độ nén đàn hồi tham gia trong số liệu chuyển vị thu được trong thí nghiệm O-Cell. Dùng giả thiết này sẽ xây dựng đường cong chuyển vị thí nghiệm tải trọng đỉnh tương đương theo phương pháp mô tả trong *Trình tự I* dưới đây. Sau đó dùng *Trình tự II* để hiệu chỉnh ảnh hưởng của độ nén đàn hồi trong số liệu chuyển vị thu được trong thí nghiệm O-Cell.

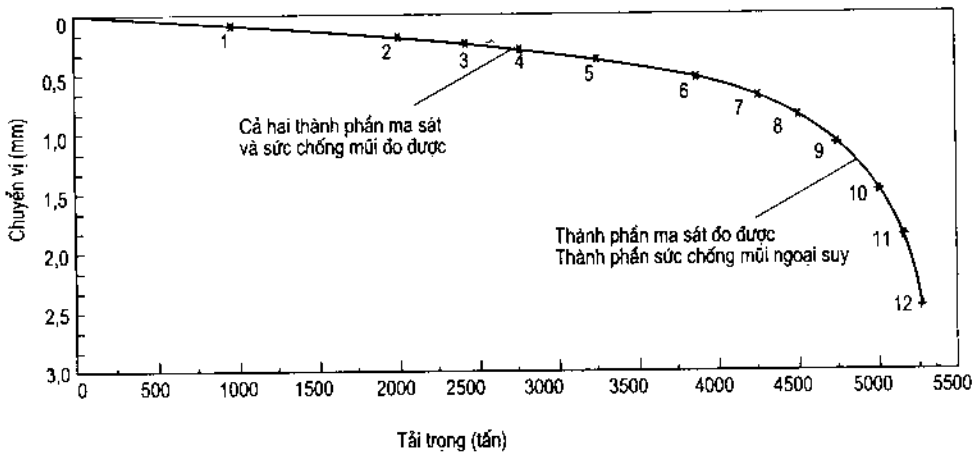
4. Xét đến trường hợp có một hay nhiều hơn cao độ đặt O-Cell đặt cách mũi cọc một khoảng cách nào đó, giả thiết phần cọc bên dưới hộp O-Cell, mà đang chịu tải trọng trên đầu, có cùng ứng xử chuyển vị-tải trọng như khi chất tải trên đầu toàn bộ cọc. Do đó "đường cong chuyển vị-tải trọng mũi" là chỉ chuyển vị của toàn bộ chiều dài cọc bên dưới hộp O-Cell.

*Trình tự I*




Bước 1: Đổi các tải trọng gross từ các số liệu O-Cell thành các tải trọng net (xét đến lực đẩy nổi).

Bước 2: Xây dựng từng điểm của đường cong tương đương theo cách lấy hai điểm có cùng chuyển vị trên hai đường cong trong thí nghiệm O-Cell, lấy tổng tải trọng thành bên và tải trọng mũi ta sẽ có tải trọng cho đường cong tương đương ứng với chuyển vị đó. Ví dụ như hình vẽ trên tại điểm 4 có cùng chuyển vị là 10,2 mm, thì tại đường cong chuyển vị-tải trọng thành bên có số đọc tải trọng là 18,60 MN (chuyển vị đi lên) và tại đường cong chuyển vị-tải trọng mũi có số đọc tải trọng là 9,40 MN (chuyển vị đi xuống). Cộng hai tải trọng đó ta có giá trị 28,00 MN cho số đọc tải trọng ứng với chuyển vị 10,2 mm của đường cong tương đương.




Bằng cách như vậy xây dựng các điểm của đường cong tương đương cho đến hết các điểm số liệu đã nhận được. Ví dụ như hình vẽ trên đó là điểm 5 của tải trọng thành bên. Do số liệu tải trọng mũi cọc có đến điểm 12 nên cần phải ngoại suy cho đường cong tải trọng thành bên . Thường dùng ngoại suy hyperbolic như đã làm trên hình vẽ trên.

Nếu số liệu nhận được rất tin cậy thì có thể ngoại suy cho cả hai đường cong khi cần thiết.

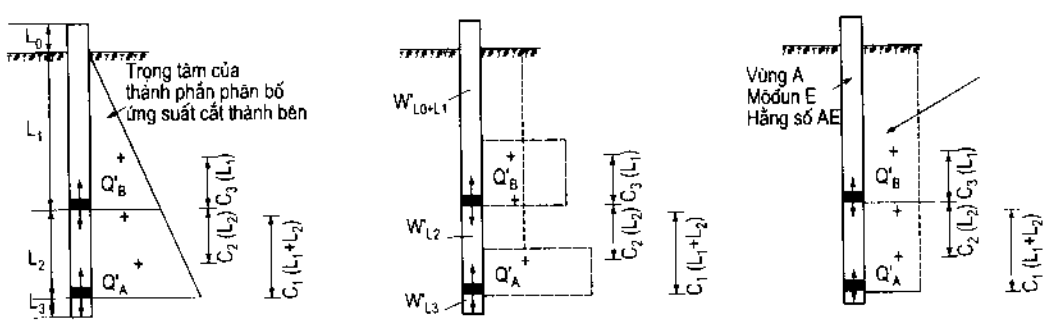
## Phụ lục E

## PHƯƠNG PHÁP GẦN ĐỨNG XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ NÉN ĐÀN HỒI THÂN CỌC

*(Trình tự II)*

Trong thí nghiệm O-Cell luôn chịu ảnh hưởng của độ nén đàn hồi khi xây dựng đường cong chất tải đầu cọc tương đương. Độ nén đàn hồi không chỉ làm tăng chuyển vị đầu cọc mà tăng chuyển vị do tải trọng thành bên do đó làm "tăng" giá trị của ứng suất cắt thành bên cũng như ứng suất nén trong cọc. Để giải chính xác vấn đề truyền tải trọng này cần phải biết rõ đường cong chuyển vị đứng-tải trọng thành bên (t-y) cho một số lượng lớn các phân đoạn cọc theo chiều dài và tìm lời giải gần đúng của hệ các phương trình đó theo phương pháp phần tử hữu hạn hay sai phân hữu hạn. Trong thực tế thường không thể có số liệu đầy đủ để nhận được các đường cong t-y đó vì vậy thường dùng phương pháp gần đúng sau đây.

Sơ đồ tính độ nén đàn hồi lý thuyết trong thí nghiệm O-Cell(OLT) dựa theo sự phát triển của ứng suất cắt thành bên:



**E.1. Trường hợp chất tải một tầng hộp O-Cell(chỉ có $Q'_A$):**

$$\delta_{(LT} = \delta_{\uparrow(L_1+L_2)}$$

| $C_1$= 1/3 | Hệ số trọng tâm = $C_1$ | $C_1$ = 1/2 |
|---|---|---|
| $\delta_{\uparrow(L_1+L_2)} = \frac{1}{3}\cdot\frac{Q'_{\uparrow A}(L_1+L_2)}{AE}$ | $\delta_{\uparrow(L_1+L_2)} = \frac{1}{3}\cdot\frac{Q'_{\uparrow A}(L_1+L_2)}{AE}$ | $\delta_{\uparrow(L_1+L_2)} = \frac{1}{3}\cdot\frac{Q'_{\uparrow A}(L_1+L_2)}{AE}$ |

**E.2. Trường hợp chất tải hai tầng hộp ($Q'_A$ và $Q'_B$):**

$$\delta_{(LT} = \delta_{\uparrow L1} + \delta_{\downarrow L2}$$

| $C_3$= 1/3 | Hệ số trọng tâm = C3 | $C_3$ = 1/2 |
|---|---|---|
| $\delta_{\uparrow L_1} = \frac{1}{3}\cdot\frac{Q'_{\uparrow B}L_1)}{AE}$ | $\delta_{\uparrow L_1} = C_1\frac{Q'_{\uparrow B}L_1)}{AE}$ | $\delta_{\uparrow L_1} = \frac{1}{2}\cdot\frac{Q'_{\uparrow B}L_1)}{AE}$ |
| $C_2 = \frac{1}{3}\left(\frac{3L_1+2L_2}{2L_1+L_2}\right)$ | Hệ số trọng tâm = C2 | $C_2$ = 1/2 |
| $\delta_{\downarrow L_2} = \frac{1}{3}\left(\frac{3L_1+2L_2}{2L_1+L_2}\right)\frac{Q'_{\downarrow B}L_2}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_2} = C_2\frac{Q'_{\downarrow B}L_2}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_2} = \frac{1}{2}\cdot\frac{Q'_{\downarrow B}L_2}{AE}$ |

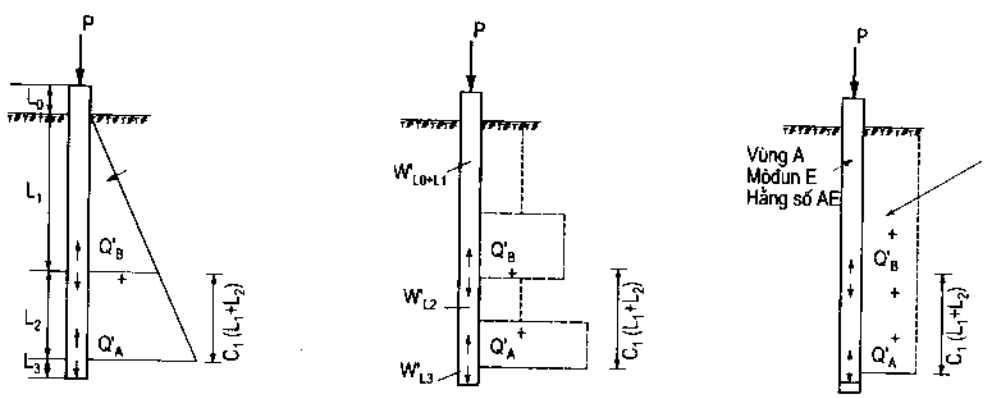
Tải trọngNet:

$$Q'_{\uparrow A} = Q_{\uparrow A} - W'_{L_0+L_1+L_2}$$

$$Q'_{\uparrow B} = Q_{\uparrow B} - W'_{L_0+L_1}$$

$$Q'_{\downarrow B} = Q_{\downarrow B} + W'_{L_2}$$

W' = trọng lượng cọc đã kể đến đẩy nổi phần bên dưới mực nước ngầm.




*Sơ đồ tính độ nén đàn hồi lý thuyết trong thí nghiệm chất tải đầu cọc (TLT) dựa theo sự phát triển của ứng suất cắt thành bên.*

Thí nghiệm chất tải đầu cọc:

$$\delta_{TLT} = \delta_{\downarrow L0} + \delta_{\downarrow(L1+L2)}$$

| $\delta_{\downarrow L_0} = \frac{PL_0}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_0} = \frac{PL_0}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_0} = \frac{PL_0}{AE}$ |
|---|---|---|
| $C_1$=1/3 | Hệ số trọng tâm = $C_1$ | $C_1$=1/2 |
| $\delta_{\downarrow L_1+L_2} = \frac{(Q'_{\downarrow A}+2P)}{3}\cdot\frac{(L_1+L_2)}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_1+L_2} = \left[C_1.Q'_{\downarrow A}+(1-C_1)P\right]\frac{(L_1+L_2)}{AE}$ | $\delta_{\downarrow L_1+L_2} = \frac{(Q'_{\downarrow A}+P)}{3}\cdot\frac{(L_1+L_2)}{AE}$ |

Tải trọng Net và tương đương:

$$Q'_{\downarrow A} = Q_{\downarrow A} + W'_{L_3}$$

$$P_{single} = Q'_{\downarrow A} + Q'_{\uparrow A}$$

$$P_{multi} = Q'_{\downarrow A} + Q'_{\uparrow B} + Q'_{\downarrow B}$$

$$P_{equivalent} = P - W'_{L_0+L_1+L_2+L_3}$$

Các tải trọng thành phần Q chọn với cùng $(\pm)\Delta_{OLT}$.

| $\Delta_{OLT}$ (mm) | $Q'_{\downarrow A}$ (MN) | $Q'_{\uparrow A}$ (MN) | P (MN) | $P_{equivalent}$ (MN) | $\delta_{TLT}$ (mm) | $\delta_{OLT}$ (mm) | $\Delta_\delta$ (mm) | $\Delta_{OLT}+\Delta_\delta$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2,54 | 1,57 | 3,14 | 4,71 | 3,81 | 3,37 | 1,20 | 2,17 | 4,71 |
| 5,08 | 2,82 | 6,43 | 9,25 | 8,35 | 6,52 | 2,45 | 4,07 | 9,15 |
| 7,62 | 3,86 | 8,27 | 12,12 | 11,22 | 8,61 | 3,15 | 5,46 | 13,08 |
| 10,16 | 4,72 | 9,29 | 14,01 | 13,11 | 10,05 | 3,54 | 6,51 | 16,67 |
| 15,24 | 6,08 | 10,60 | 16,68 | 15,78 | 12,14 | 4,04 | 8,10 | 23,34 |
| 20,32 | 7,11 | 11,40 | 18,50 | 17,60 | 13,60 | 4,34 | 9,26 | 29,58 |
| 25,40 | 7,90 | 11,94 | 19,85 | 18,95 | 14,70 | 4,55 | 10,15 | 35,55 |
| 30,48 | 8,55 | 12,33 | 20,88 | 19,98 | 15,55 | 4,70 | 10,85 | 41,33 |
| 38,10 | 9,30 | 12,75 | 22,05 | 21,15 | 16,53 | 4,86 | 11,67 | 49,77 |
| 45,72 | 9,88 | 13,05 | 22,93 | 22,03 | 17,27 | 4,97 | 12,29 | 58,01 |
| 53,34 | 10,34 | 13,27 | 23,61 | 22,71 | 17,84 | 5,06 | 12,79 | 66,13 |
| 63,50 | 10,83 | 13,48 | 24,31 | 23,41 | 18,44 | 5,14 | 13,30 | 76,80 |

Các ví dụ tính toán hiệu chỉnh độ nén đàn hồi bổ sung cho thí nghiệm chất tải HTT Osterberg một tầng:

Cho trước: $C_1 = 0,441$

AE = 17000 MN (giả sử bằng hằng số trong thí nghiệm).

$L_0$ = 1,80 m

$L_1$ = 14,69 m (chiều dài cọc chôn bên trên hộp O-Cell).

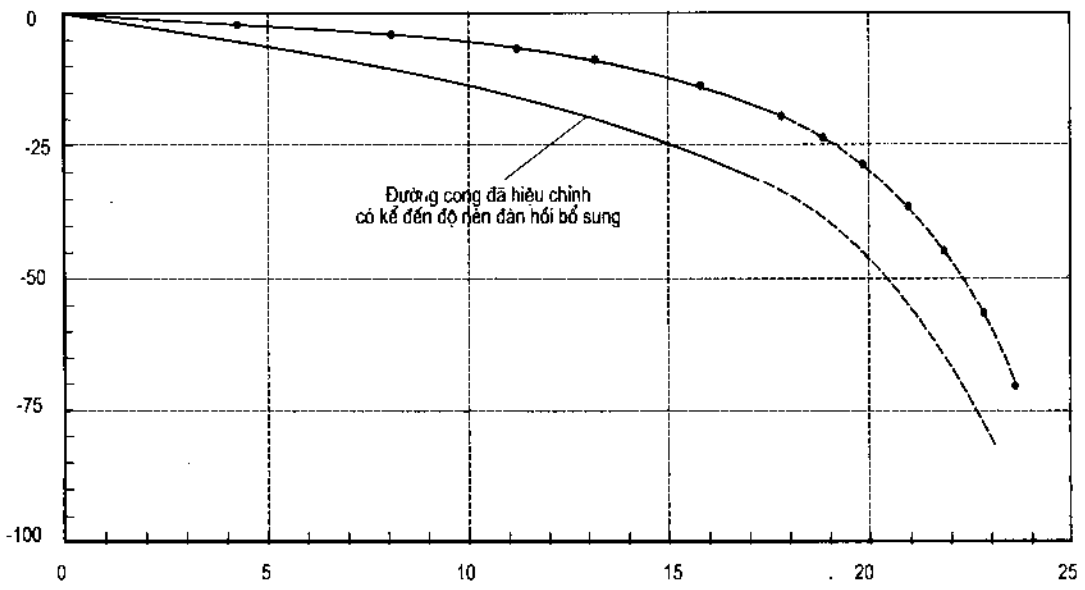
$L_2$ = 0,00 m.

$L_3$ = 0,00 m.

W' = 0,90 MN

Hệ số giảm ứng suất cắt = 1,00 (đất dính).

Hình C




| $\Delta_{OLT}$ (mm) | $Q'_{\downarrow A}$ (MN) | $Q'_{\downarrow B}$ (MN) | $Q'_{\uparrow B}$ (MN) | P (MN) | $P_{equivalent}$ (MN) | $\delta_{TLT}$ (mm) | $\delta_{OLT}$ (mm) | $\Delta_\delta$ (mm) | $\Delta_{OLT}+\Delta_\delta$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2,54 | 1,57 | 1,10 | 2,04 | 4,71 | 3,81 | 3,37 | 0,64 | 2,73 | 5,27 |
| 5,08 | 2,82 | 2,25 | 4,18 | 9,25 | 8,35 | 6,52 | 1,31 | 5,21 | 10,29 |
| 7,62 | 3,86 | 2,89 | 5,37 | 12,12 | 11,22 | 8,61 | 1,69 | 6,92 | 14,54 |
| 10,16 | 4,72 | 3,25 | 6,04 | 14,01 | 13,11 | 10,05 | 1,90 | 8,15 | 18,31 |
| 15,24 | 6,08 | 3,71 | 6,89 | 16,68 | 15,78 | 12,14 | 2,17 | 9,97 | 25,21 |
| 20,32 | 7,11 | 3,99 | 7,41 | 18,50 | 17,60 | 13,60 | 2,33 | 11,27 | 31,59 |
| 25,40 | 7,90 | 4,18 | 7,76 | 19,85 | 18,95 | 14,70 | 2,44 | 12,26 | 37,66 |
| 30,48 | 8,55 | 4,32 | 8,02 | 20,88 | 19,98 | 15,55 | 2,52 | 13,03 | 43,51 |
| 38,10 | 9,30 | 4,46 | 8,29 | 22,05 | 21,15 | 16,53 | 2,61 | 13,92 | 52,02 |
| 45,72 | 9,88 | 4,57 | 8,48 | 22,93 | 22,03 | 17,27 | 2,67 | 14,60 | 60,32 |
| 53,34 | 10,34 | 4,64 | 8,62 | 23,61 | 22,71 | 17,84 | 2,71 | 15,13 | 68,47 |
| 63,50 | 10,83 | 4,72 | 8,76 | 24,31 | 23,41 | 18,44 | 2,76 | 15,58 | 79,18 |

Các ví dụ tính toán hiệu chỉnh độ nén đàn hồi bổ sung cho thí nghiệm chất tải Osterberg nhiều tầng:

Cho trước: $C_1 = 0,441$

$C_2 = 0,579$

$C_3 = 0,396$

AE = 17000 MN (giả sử bằng hằng số trong thí nghiệm).

$L_0 = 1,80$ m

$L_1 = 9,14$ m (chiều dài cọc chôn bên trên HTT Os phía trên).

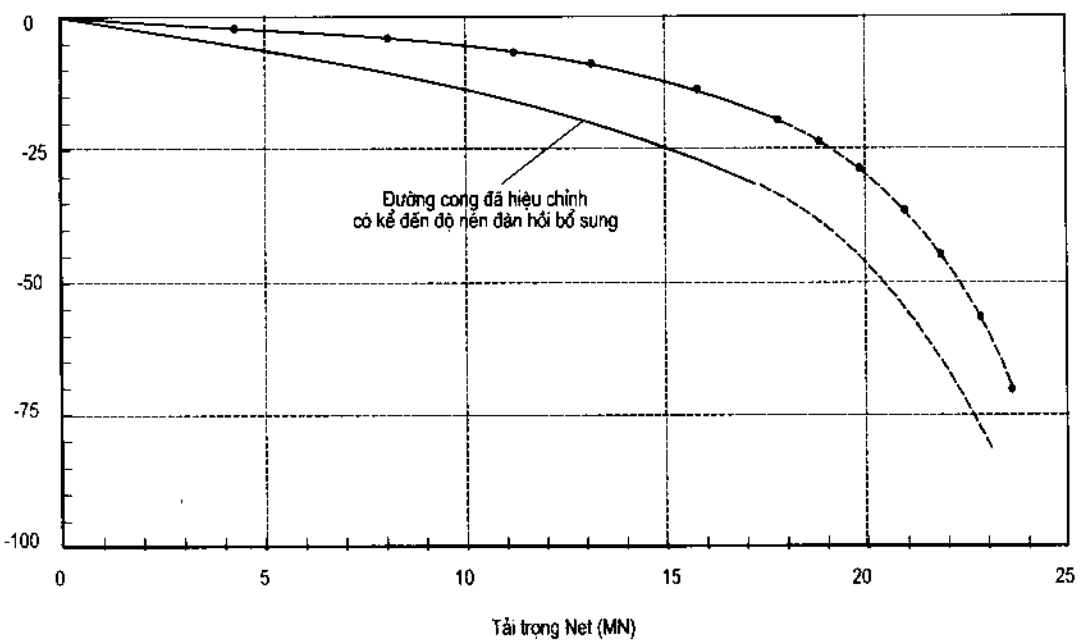
$L_2 = 5,55$ m (chiều dài cọc chôn giữa các HTT Os).

$L_3 = 0,00$ m.

W' = 0,90 MN

Hệ số giảm ứng suất cắt = 1,00 (đất dính).

Hình D




**E.4. Nhận xét**

Như vậy về cơ sở lý thuyết, phương pháp thử tải trọng O-Cell đã dựa vào các giả thiết cơ bản như sau:

+ Quan hệ tải trọng-chuyển vị không phụ thuộc vào chiều đi lên hay đi xuống.

+ Xác định tải trọng dão cho hai thành phần ma sát thành bên và sức chống mũi theo các quy định như trong thử tải PMT cuả ASTM.

+ Xây dựng cách tính gần đúng để loại trừ ảnh hưởng của độ nén đàn hồi trong cọc.

Có thể thấy rằng giả thiết đầu tiên ảnh hưởng nhiều nhất đến độ chính xác của phương pháp thử vì nó không xét đến sự làm việc đồng thời của hai thành phần sức kháng thành bên và sức kháng mũi.

**Phụ lục H**

CÁC BIỂU MẪU BÁO CÁO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM THỬ TẢI TRỌNG TĨNH THEO PHƯƠNG PHÁP HỘP TẢI TRỌNG OSTERBERG

**Mẫu biểu H1**

**BÁO CÁO KẾT QUẢ**

**Thử tải trọng cọc khoan nhồi (barrette) theo phương pháp Osterberg**

Cọc số: ..... Công trình: .....

.....

Đơn vị thực hiện: .....

.....

.....

.....

.....

Số hiệu báo cáo: .....

Ngày ..... tháng ..... năm .....

*Nội dung báo cáo:*

I. Các nội dung chính.

II. Bố trí thiết bị và đo đạc.

III. Trình tự thí nghiệm.

III. Giải thích kết quả.

Chữ ký: Người thực hiện:

Người kiểm tra:

Đại diện đơn vị thực hiện:

Mẫu biểu H2

## BẢNG A

### Kích thước, cao trình và các đặc trưng của cọc thí nghiệm

*Cọc thí nghiệm:*

- Kích thước cọc danh định: ..... mm
- Ký hiệu hộp tải trong Osterberg: ..... mm
- Chiều dài đoạn cọc bên trên HTT:
- Chiều dài đoạn cọc bên dưới HTT: ..... mm
- Diện tích thành bên cọc chịu ma sát bên trên HTT:
- Diện tích thành bên cọc chịu ma sát bên dưới HTT: ..... $mm^2$
- Diện tích tiết diện cọc: ..... $mm^2$
- Trọng lượng cọc có kể đến đẩy nổi bên trên HTT: ..... MN
- Độ cứng tính toán của cọc, AE (cho từng đoạn thay đổi): ..... MN
- Cao trình đỉnh cọc thí nghiệm: .....m
- Cao trình mặt đất: .....m
- Cao trình mực nước ngầm: .....m
- Cao trình đáy HTT: .....m
- Cao trình đáy cọc thí nghiệm: .....m

*Các đoạn chịu nén:*

- Cao trình đỉnh thanh đo độ nén cọc thí nghiệm phần trên: .....m
- Cao trình đáy thanh đo độ nén cọc thí nghiệm phần trên: .....m

*Các thông số khác:*

- Kích thước bản đỡ trên (dày .....mm): .....×.....mm
- Kích thước bản đỡ dưới (dày .....mm): .....×.....mm
- Kích thước thanh cốt chủ: ..... mm
- Kích thước thanh cốt đai: ..... mm
- Đường kính lồng cốt thép: ..... mm
- Cường độ bê tông chịu nén: ..... MPa
- Kích thước bản gia cường đáy HTT: ..... mm

**Mẫu biểu H3**

Kích thước danh định của cọc:

Các thanh truyền tấm thép trên A,B,C &D

Các thanh truyền tấm thép dưới: E,F,G & H

## MẶT CẮT CỌC THÍ NGHIỆM

**Mẫu biểu H4**

Gồm 5 biểu đồ thí nghiệm Osterberg như sau:

1. Các đường cong chuyển vị - tải trọng hộp Osterberg (gồm chuyển vị đi lên – tải trọng gross và chuyển vị đi xuống – tải trọng gross).

2. Các đường cong chuyển vị – tải trọng đầu cọc tương đương.

3. Đường cong ma sát thành bên đơn vị trung bình.

4. Giới hạn dão phối hợp sức kháng mũi và ma sát thành bên đoạn dưới.

5. Giới hạn dão ma sát thành bên phần trên.

*Ghi chú:* Số các mẫu biểu cho các biểu đồ thí nghiệm thay đổi theo số tầng đặt HTT và các giai đoạn đặt tải.

# PHỤ LỤC CỦA BÁO CÁO THÍ NGHIỆM

## A. Số liệu hiện trường & số liệu đã hiệu chỉnh

### *A.1. Chuyển vị đi lên của đầu cọc và độ nén thân cọc*

| Gia số tải trọng | Thời gian giữ tải (phút) | Thời gian (h:m:s) | HTT | | Dầm đo (mm) | Đỉnh cọc | | | Các thanh đo nén | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Áp lực (MPa) | Tải trọng (MN) | | Đầu đo số.... (mm) | Đầu đo số.... (mm) | Trung bình (mm) | Số hiệu ... (mm) | Số hiệu ... (mm) | Số hiệu ... (mm) | Số hiệu ... (mm) | Trung bình .... (mm) |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

### *A.2. Độ mở rộng - độ nén HTT*

| Gia số tải trọng | Thời gian giữ tải (phút) | Thời gian (h:m:s) | HTT | | Độ mở - độ nén HTT | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Áp lực (MPa) | Tải trọng (MN) | Số hiệu ... (mm) | Số hiệu ... (mm) | Số hiệu ... (mm) | Số hiệu ... (mm) | Trung bình .... (mm) |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

### *A.3. Chuyển vị đi lên và đi xuống của bản đỡ HTT và chuyển vị dão tính toán*

| Gia số tải trọng | Thời gian giữ tải (phút) | Thời gian (h:m:s) | HTT | | Chuyển vị đầu cọc (mm) | Độ nén tổng cộng (mm) | Chuyển vị đi lên (mm) | Độ mở HTT (mm) | Chuyển vị đi xuống (mm) | Dão đi lên khi giữ tải (mm) | Dão đi xuống khi giữ tải (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Áp lực (MPa) | Tải trọng (MN) | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Mẫu biểu H6

## PHỤ LỤC CỦA BÁO CÁO THÍ NGHIỆM

### B. Các loại chứng chỉ kiểm định

Chứng chỉ kiểm định của các hộp tải trọng dùng trong thí nghiệm.

Chứng chỉ của các đầu đo chuyển vị dây rung.

Chứng chỉ của các đầu đo chuyển vị tuyến tính.

Chứng chỉ của các đồng hồ áp lực.

Số lượng chứng chỉ tuỳ thuộc vào số thiết bị lắp đặt phục vụ cho công tác thí nghiệm.

## PHỤ LỤC I

### Trích dẫn ASTM D-1143 (Quick Test Method)

**5.6. Phương pháp thử tải nhanh cho các cọc đơn:**

**5.6.1.** Các thiết bị đặt tải cần có khả năng như yêu cầu và cần tuân theo các điều 3.3 và 3.4.

**5.6.2.** Đặt tải với các gia số tải trọng bằng 10-15% tải trọng thiết kế đề nghị với khoảng thời gian không đổi giữa các gia số tải trọng bằng 2, 1/2 phút hoặc khác tuỳ theo yêu cầu. Thêm các gia số tải trọng cho đến khi phải kích liên tục để giữ được tải trọng thí nghiệm hoặc cho đến khi đạt đến khả năng quy định của thiết bị tạo tải, tuỳ theo điều nào đến trước, khi đó dừng kích. Sau khoảng thời gian 5 phút hoặc khác tuỳ theo yêu cầu, dỡ bỏ toàn bộ tải trọng trên cọc.

**5.6.3.** Xem điều 6.4 về trình tự đo đạc.

*Chú ý:* Đối với các điều 5.5 và 5.6 kiến nghị cần tháo dỡ toàn bộ tải trọng thử trong khoảng 4 gia số đều nhau với khoảng thời gian giữa các gia số là 5 phút để có thể nhận được hình dạng của đường cong dỡ tải .

**PHỤ LỤC II**

THÍ NGHIỆM OSTERBERG CHO CỌC BARRETTE
CÔNG TRÌNH KHU NHÀ Ở TIÊU CHUẨN CAO KẾT HỢP VĂN PHÒNG
27 LÁNG HẠ, ĐỐNG ĐA, HÀ NỘI.

# BÁO CÁO SƠ BỘ LẦN 2 THÍ NGHIỆM OSTERBERG

| | |
|---|---|
| Công trình: | Khu nhà ở tiêu chuẩn cao kết hợp văn phòng |
| Địa điểm: | 27 Láng Hạ - Đống Đa - Hà Nội |
| Chủ đầu tư: | Công ty Xây dựng Số 5 - Sở Xây dựng Hà Nội |
| Đơn vị thiết kế: | Công ty tư vấn và thiết kế xây dựng Hà Nội (CDCC) |
| Đơn vị thí nghiệm: | Trung tâm kỹ thuật nền móng công trình - Trường Đại học Xây dựng. |

**Giám đốc**

*Đã ký:* GS.TS. VŨ CÔNG NGỮ

**Hà Nội - tháng 12/2002**

## I. Giới thiệu

Tại công trình " Khu nhà ở tiêu chuẩn cao kết hợp văn phòng" ở 27 Láng Hạ, do sức chịu tải của cọc barrette rất lớn, việc nén tĩnh thông thường (chất tải ở trên) gặp rất nhiều khó khăn do đối trọng quá cồng kềnh. Vì vậy, thí nghiệm nén Osterberg - một loại thí nghiệm có nhiều tính ưu việt khi tải lớn - đã được tiến hành tại đây, và theo chỉ định của Tư vấn Thiết kế, số lượng cọc barrette được thí nghiệm là hai (02); Hai cọc thí nghiệm có kích thước tương ứng là $1,5 \times 2,8m^2$ (cọc B 13) và $1,0 \times 2,8m^2$ (cọc B41). Mục đích của thí nghiệm là xác định sức kháng bên và sức kháng mũi của cọc, từ đó xác định sức chịu tải của cọc.

## II. Quá trình thí nghiệm

Quá trình lắp đặt đã được CTFE và LOADTEST thực hiện như sau:

- Ngày 12/12: Tập kết kích, tấm thép và các dụng cụ phụ trợ về công trường.
- Ngày 13/11: Hàn tấm thép với kích của cọc B41.
- Ngày 14/11 đến 16/11: Lắp đặt các đường ống và thanh truyền vào lồng thép B41.
- Ngày 18/11 - 19/11: Chờ nhà thầu khoan hố B41. Hàn tấm thép với kích của cọc B13.
- Ngày 20/11 - 21/11: Hạ lồng thép cùng thiết bị xuống hố B13. Lắp đặt các đường ống và thanh truyền vào lồng thép B41. Chờ nhà thầu khoan hố B13.
- Ngày 22/11 - 23/11: Hạ lồng thép cùng thiết bị xuống hố B13.

Sau đó CTFE nhận được các thông báo về cường độ nén mẫu bêtông của nhà thầu (tóm tắt trong bảng dưới đây). Các mẫu thử của bản thân nhà máy bêtông cho thấy cường độ quá cao so với mẫu thử của các đơn vị khác, do đó, chúng tôi không xem xét các kết quả thử của bản thân nhà máy cung cấp bêtông.

| | B13 | | | B41 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ngày lấy mẫu | 11/23 | | | 11/21 | | |
| Ngày thử | 11/30 | 12/03 | 12/04 | 11/28 | 12/3 | |
| Tuổi (ngày) | 7 | 10 | 11 | 7 | 12 | |
| Cường độ trung bình ($daN/cm^2$) | 318 | 348 | 384 | 276 | 338 | |

Được sự cho phép của Tư vấn Thiết kế, Tư vấn giám sát, chúng tôi tiến hành thí nghiệm Osterberg như sau:

- Ngày 2 và 3/12: Chuẩn bị lắp đặt các thiết bị cho cọc B41
- Ngày 4/12: Thí nghiệm cọc B41. Thí nghiệm bắt đầu lúc 16:40 và kết thúc lúc 0:31 sáng 5/12. Vào hồi 18:07 đến 20:16, máy nén khí do CTFE cung cấp bị hỏng, phải ngừng hoạt động mất 2h 9'. Trong thời gian này, van cấp áp lực được khoá lại để tránh mất áp lực.

+ Tại 18: 07, áp lực là 2309 psi, chuyển vị lên là 0,33mm, biến dạng đàn hồi là 0,48mm, chuyển vị xuống là 8,55mm.

+ Tại 20: 16, áp lực là 2120.3 psi, chuyển vị lên là 0.29mm, biến dạng đàn hồi là 0.48mm, chuyển vị xuống là 8.64mm.

+ Quá trình giữ tải này chỉ làm kéo dài thời gian thí nghiệm, chứ không ảnh hưởng đến kết quả của thí nghiệm.

Thí nghiệm tăng tải đến cấp tải IL16, tức là 199%[$P_{tk}$], sau đó tiến hành dỡ tải.

- Ngày 5/12: Chuẩn bị thiết bị cho cọc B13
- Ngày 6/12: Thí nghiệm cọc B13

+ Tới 16: 29, khi công trường không còn sự rung động do thiết bị thi công, việc thí nghiệm mới bắt đầu được tiến hành.

+ Thí nghiệm bắt đầu lúc 16: 29 và kết thúc lúc 21:32.

+ Tại cấp tải IL13, tức là 180% [$P_{tk}$] , do ma sát có biểu hiện phi tuyến và phá hoại, việc tăng tải dừng lại, sau đó tiến hành dỡ tải.

- Trong quá trình thí nghiệm, tại một số điểm có sự nhảy của số liệu. Tuy nhiên, các sự nhảy của số liệu thô này không ảnh hưởng đến kết quả của thí nghiệm.

**III. Kết quả thí nghiệm**

Số liệu thô của các thí nghiệm được trình bày trong phụ lục 3. Trong đó, các ký hiệu sau được sử dụng:

+ Leica: (Tên của thiết bị camera): Chuyển vị tuyệt đối của dầm cố định dài 12m so với vị trí ban đầu của bản thân dầm. Chuyển vị này được theo dõi bởi camera.

+ TOS: (viết tắt của top of shaft movement): Chuyển vị lên của đầu cọc ( so với dầm cố định, dầm dài 12 mét, được theo dõi bởi một camera).

Có 2 đồng hồ LVDT đo TOS đặt đối xứng qua tâm cọc, do đó, số cọc được ký hiệu là TOSA và TOSB. Trung bình cộng của TOSA và TOSB là TOS. TOS cần được hiệu chỉnh lại theo số đọc của Leica (chuyển vị của dầm), ta gọi là TOS*. Ngoài ra còn có 2 đồng hồ cơ ( analog dial gages) đặt để so sánh số đọc với kết quả thu bằng LVDT.

+ COMP: (viết tắt của compression): Biến dạng đàn hồi của bản thân đoạn cọc (đoạn cọc giữa tấm thép trên của kích với đầu cọc). Biến dạng này được đo bằng cách gắn đồng hồ đọc chuyển vị giữa thanh truyền tấm trên với cốt thép ở đầu cọc.

Có 4 đồng hồ LVDT đo COMP đặt đối xứng qua tâm cọc, do đó, số đọc được ký hiệu lần lượt là COMPA, COMPB, COMPC, COMPD. Trung bình cộng của 4 số đọc này là COMP.

+ BP: (viết tắt của bottom plate movement): Chuyển vị xuống của tấm thép dưới kích, so với đầu cọc. Chuyển vị này được đo bằng cách gắn đồng hồ đọc chuyển vị giữa thanh truyền tấm dưới với cốt thép ở đầu cọc.

Có 4 đồng hồ LVWDT đo BP đặt đối xứng qua tâm cọc, do đó, số đọc được ký hiệu lần lượt là BPA, BPB, BPC, BPD. Trung bình cộng của 4 số đọc này là BP. Ngoài ra còn có 2 đồng hồ cơ (analog dial gages) đặt để so sánh số đọc với kết quả thu bằng LVDT.

+ PSI1: Áp lực từ bơm vào kích, tính bằng psi (pound/inch$^2$)

+ Toàn bộ các số cọc trên được số hoá và tự động lưu vào máy tính 1 phút 1 lần.

+ Khi đọc đồng hồ cơ (analog dial gages), thời gian mà người đọc đọc kết quả (bằng mắt thường) có thể lệch với thời gian mà máy tính lưu. Tuy nhiên, các kết quả thu được từ đồng hồ cơ (phụ lục 4) cho thấy kết quả giữa đồng hồ cơ (analog dial gages) và đồng hồ số (LVDT và LVWDT) là phù hợp.

+ Chuyển vị lên của tấm trên O-Cell (Upward Top of O-cell) = TOS* + COMP

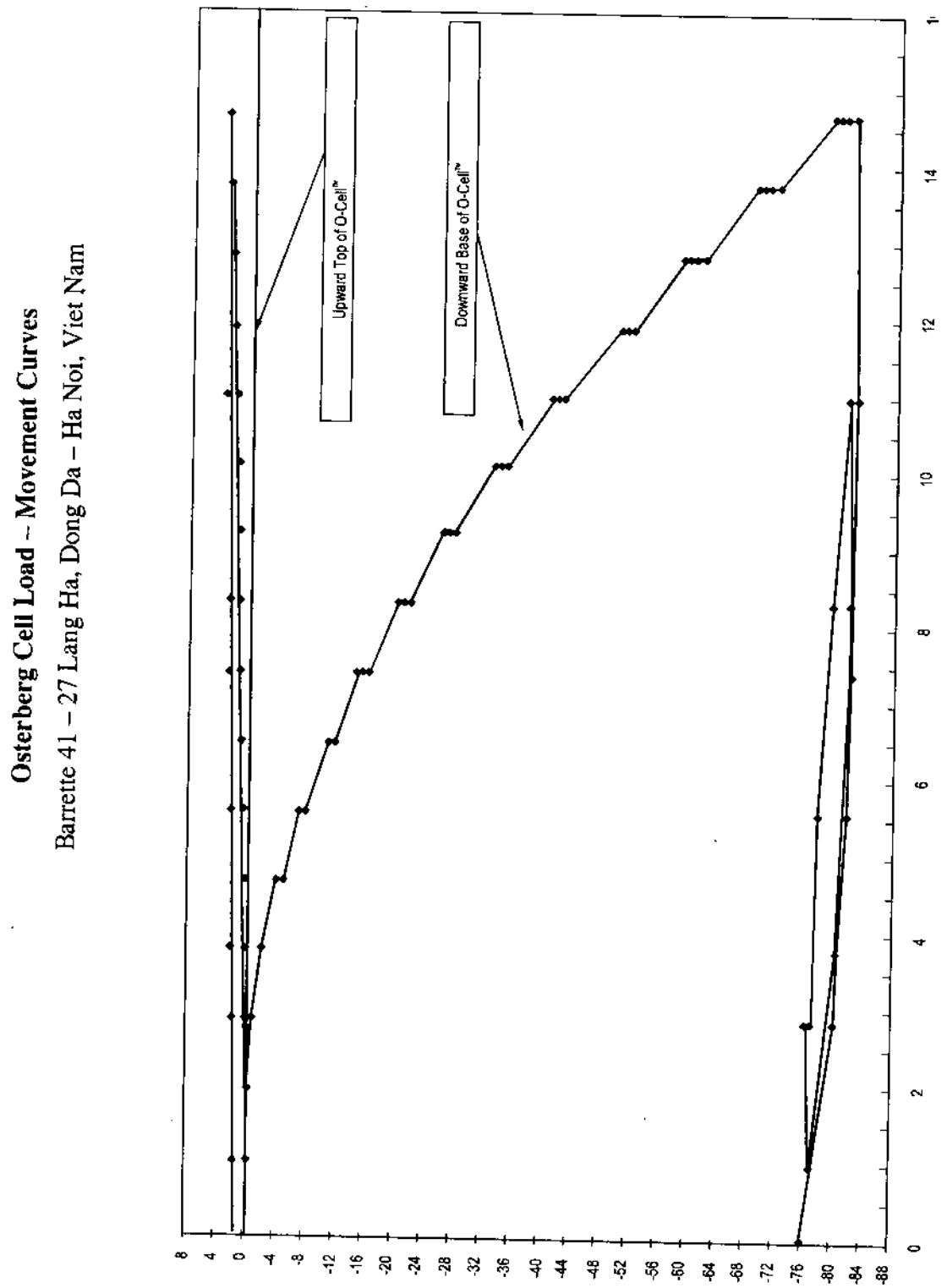
+ Chuyển vị xuống của tấm dưới O-Cell (Downward Base of O-cell) = BP - TOS*

Trong phần này, chúng tôi trình bày các hình vẽ minh hoạ đường cong nén - lún của phần trên O-Cell và phần dưới O-Cell cũng như hình vẽ minh hoạ đường cong tương đương (quy đổi) của thí nghiệm nén tĩnh thông thường (nén tĩnh từ trên xuống).

Phụ lục I giới thiệu các phương pháp diễn dịch kết quả từ đường cong quy đổi. Phụ lục II trình bày sự so sánh giữa kết quả thí nghiệm Osterberg (O-Cell) với kết quả dự báo sức chịu tải của cọc theo thí nghiệm SPT.

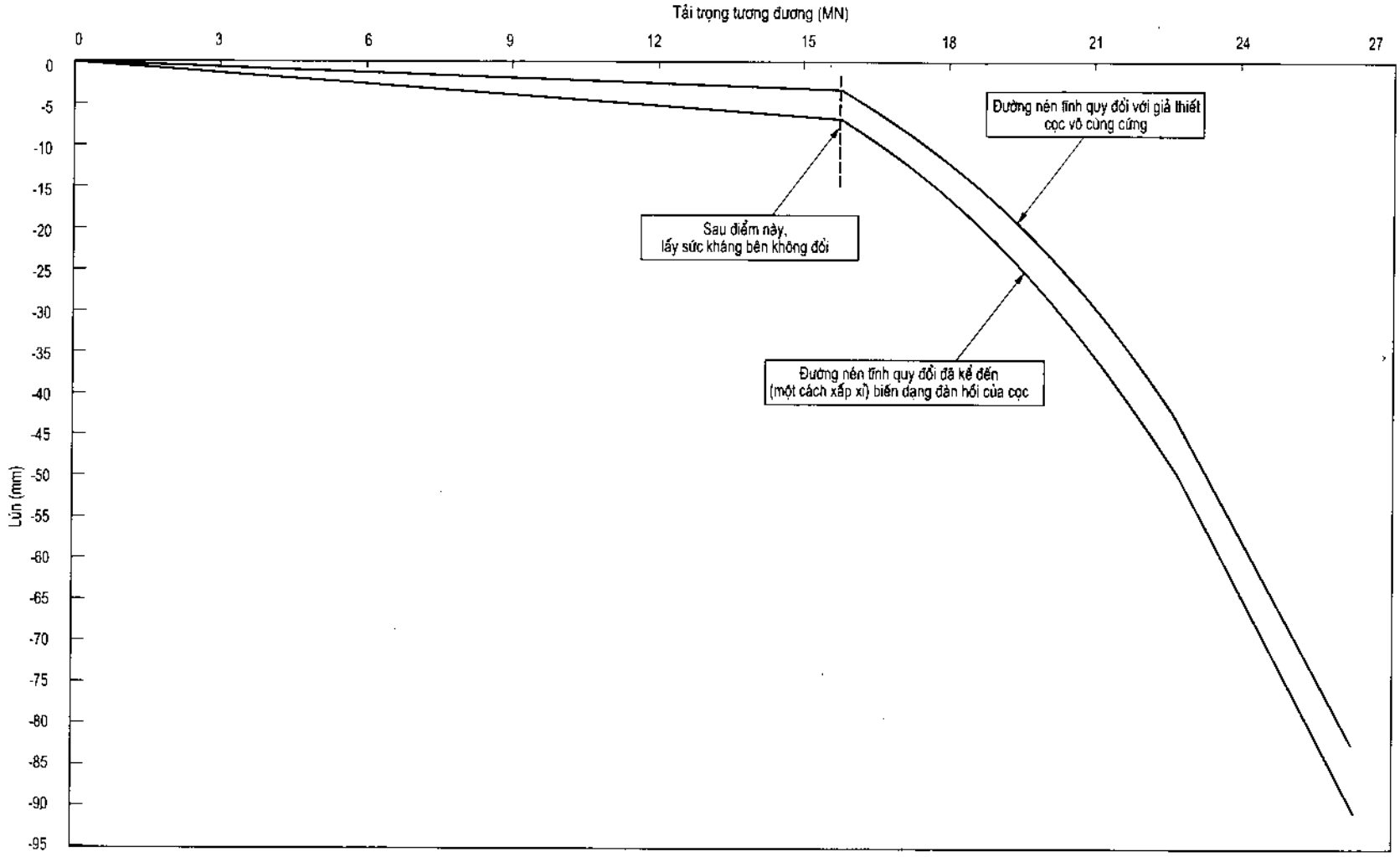
## IV. Kết luận

*Thí nghiệm Osterberg trên 2 cọc B41 và B13 thu được các số liệu tin cậy. Số liệu thu thập đầy đủ. Đường cong chuyển vị cũng như đường cong nén tĩnh quy đổi rõ ràng để đánh giá được sức chịu tải của cọc.*



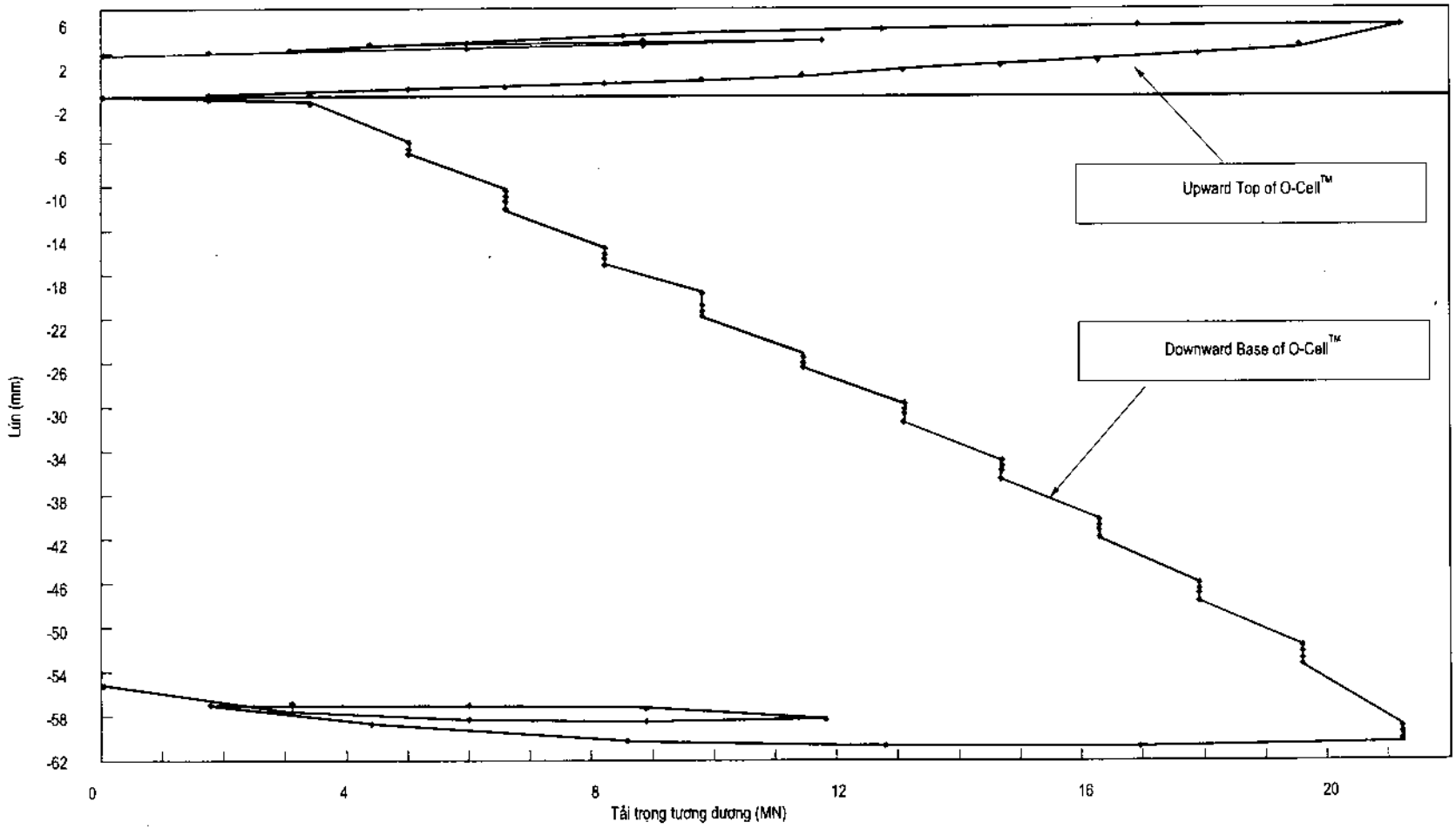
## Equivalent Top Load – Settlement Curves

Barrette 41 – 27 Lang Ha, Dong Da – Ha Noi, Viet Nam



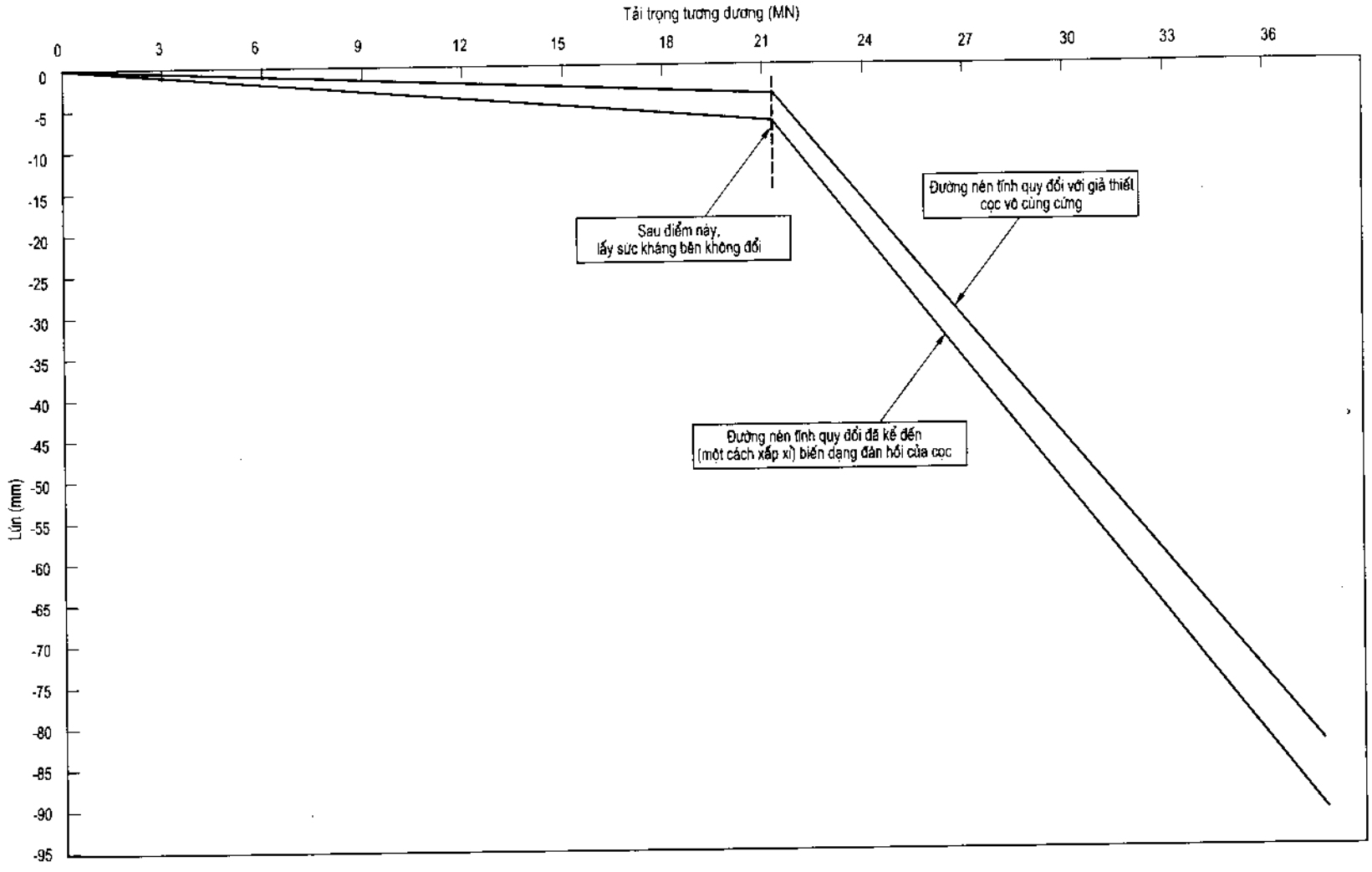
## Osterberg Cell Load – Movement Curves

Barrette 13 – 27 Lang Ha, Dong Da – Ha Noi, Viet Nam



## Equivalent Top Load – Settlement Curves

Barrette 13 – 27 Lang Ha, Dong Da – Ha Noi, Viet Nam



## 1. THAM KHẢO QUY TRÌNH DIỄN DỊCH ĐƯỜNG NÉN TĨNH THÔNG THƯỜNG (NÉN TĨNH TỪ TRÊN XUỐNG)

Ta có thể áp dụng các phương pháp diễn dịch kết quả thí nghiệm nén tĩnh sau:

**1. Theo TCXD 269: 2002**

Tải trọng giới hạn được xác định bằng các cách sau:

a) Dựa trên đồ thị tổng tải trọng - chuyển vị:

- Nếu đồ thị biến đổi nhanh thì $P_{gh}$ tại vị trí điểm uốn
- Nếu đồ thị biến đổi chậm thì sử dụng phương pháp khác

b) Dựa vào chuyển vị giới hạn:

- $P_{gh}$ tại vị trí tương ứng với chuyển vị bằng 10% đường kính cọc (thấp nhất là 2.5% theo DeBeer – Phụ lục E của TCXD 269: 2002).

c) Dựa vào tình trạng thực tế thí nghiệm.

Tải trọng cho phép được dựa trên hệ số an toàn do tư vấn thiết kế quyết định.

**2. Theo phương pháp Davission (Mỹ)**

Trước tiên, ta cần xác định sức chịu tải huy động $P_{hd}$[1]. Các bước xác định $P_{hd}$ như sau:

+ Đường "đàn hồi" là đường có phương trình sau: $P = \frac{EA_c}{L}\Delta$

Trong đó:

$A_c$ là tiết diện cọc ($m^2$),

E là môđun đàn hồi của cọc ($kN/m^2$),

L là chiều dài cọc (mm),

$\Delta$ là chuyển vị của cọc ứng với tải trọng P.

+ Đường Davission là đường song song với đường "đàn hồi", khoảng cách giữa 2 đường là:

$3,8 + \frac{B}{120}$ (mm): nếu B < 600 mm (nguyên gốc của phương pháp Davisson);

$\frac{B}{120}$ : nếu B > 600 mm (Kyfor và cộng sự kiến nghị bổ sung).

+ Giao điểm của đường Davisson với đường kết quả nén tĩnh là sức chịu tải huy động $P_{hd}$. Nếu đường Davisson nằm ngoài khoảng thí nghiệm, ta có thể dùng cạnh ngắn của barrette làm B; Nếu đường Davisson vẫn nằm ngoài, ta có thể dùng giá trị tải trọng lớn nhất của đường cong làm $P_{hd}$. Việc sử dụng $3,8 + \frac{B}{120}$ trong báo cáo sơ bộ lần 1 là không phù hợp.

+ Sức chịu tải cho phép là $[P] = 0.5\ P_{hd}$

Lưu ý rằng, kích thước cọc rất lớn và có hình chữ nhật nên có thể phải sử dụng một cách diễn dịch khác. Hơn nữa, nhà tư vấn thiết kế sẽ đưa ra kết luận cuối cùng về sức chịu tải.

---

[1] *Trước đây, ở Mỹ dùng từ là Ultimate capacity, nhưng thực chất sức chịu tải của phương pháp Davisson không phải là sức chịu tải cực hạn. Khoảng 5 năm gần đây, tại Mỹ người ta thay đổi cách dùng từ và gọi đây là Mobilized capacity*

## 2. SO SÁNH KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VỚI KẾT QUẢ DỰ BÁO THEO SPT (Tham khảo)

Trong phần này, chúng tôi tiến hành so sánh kết quả thí nghiệm Osterberg với kết quả dự báo theo SPT. Các công thức dự báo sức chịu tải của cọc khoan nhồi/ barrette theo SPT, chúng tôi lấy theo tài liệu mới nhất của Hiệp hội Cầu đường Mỹ (FHWA, 1999).

**1. Các dữ kiện**

Mực nước ngầm: 1.2m;

z(m): độ sâu đang xét tính từ mặt đất;

$\delta'_z$ : Ứng suất hữu hiệu do bản thân đất, đơn vị là kPa nếu không ghi cụ thể;

$S_u = 6\ N_{60}$.kPa: Sức kháng cắt không thoát nước của sét, tính theo công thức kinh nghiệm của Terzaghi và Peck (1967);

$$N_{60} = E_h / 60 * N$$

Trong đó

N: Kết quả thí nghiệm SPT trong báo cáo khảo sát địa chất;

$N_{60}$: Hiệu chỉnh N theo thiết bị tiêu chuẩn[2];

$E_h$: Tỷ lệ năng lượng thực của thiết bị SPT thí nghiệm.

**2. Sức kháng bên cực hạn $f_i$ theo FHWA**

1. Sét: $f_i = \alpha S_u$

$\alpha = 0,55$ nếu $S_u < 1,5$ bar

$\alpha = 0,55 - 0,1(S_u - 1,5)$ nếu $S_u > 1,5$ bar

2. Cát: $f_i = \min(200\text{kPa}, \beta, \delta'_z)$

$$\beta = \frac{\min(N_{60}, 15)}{15} \times (1,5 - 0,2445\sqrt{z})$$ và $\beta$ phải trong khoảng 0,25 - 1,2

3. Sỏi sạn: Tương tự như cát, tuy nhiên lấy hệ số $\beta$ như sau:

$\beta = [2,0 - 0,15\ z^{0,75}]$ và $\beta$ phải trong khoảng 0,25 – 1,8

**3. Sức kháng mũi cực hạn theo FHWA**

Trong cát, sỏi sạn: $q_p = 57.5\ N_{60\ TB}$kPa

$N_{60\ TB}$ là giá trị trung bình của $N_{60}$ ở lân cận mũi cọc.

---

[2] *Thiết bị SPT tiêu chuẩn là thiết bị có tỷ lệ năng lượng hữu ích (tỷ lệ năng lượng mà ống lấy mẫu thu được so với năng lượng toàn phần do búa rơi) là 60%. Ở nước ta, các thiết bị SPT thường không biết tỷ lệ năng lượng hữu ích thực là bao nhiêu. Tuy nhiên, có thể đánh giá năng lượng hữu ích của các thiết bị SPT ở nước ta ở khoảng $E_h$ = 30 – 55%, như vậy, số đọc N ở nước ta thường lớn hơn số đọc N nếu sử dụng thiết bị tiêu chuẩn có tỷ lệ năng lượng hữu ích 60%.*

**4. Kết quả chi tiết**

Kết quả dự báo sức chịu tải của cọc theo kết quả xuyên SPT được liệt kê trong các bảng như tóm tắt sau đây:

| Bảng (liệt kê ở cuối phụ lục) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Barrette số | 13 | | | | 41 | | | |
| Hố SPT | K5 | K6 | K5 | K6 | K5 | K6 | K5 | K6 |
| Năng lượng hữu ích của SPT | 60% | | 45% | | 60% | | 45% | |

**5. Tóm tắt**

Nếu giả thiết thiết bị SPT trong quá trình khảo sát địa chất tại công trình 27 Láng Hạ có năng lượng hữu ích tiêu chuẩn là $E_h = 60\%$ thì sức chịu tải dự báo rất lớn:

B13: $P_u = 5430 - 5670$ tấn (chưa trừ trọng lượng bản thân cọc)

B41: $P_u = 4050 - 4260$ tấn ( chưa trừ trọng lượng bản thân cọc)

Như vậy, hệ số an toàn $F \approx 2,1 - 2,7$.

So sánh với kết quả thí nghiệm Osterberg, cho thấy kết quả trên là quá cao so với thực tế. Vì vậy, chúng tôi tính lại với giả thiết năng lượng hữu ích của thiết bị SPT đạt $E_h = 45\%$, đồng thời giả thiết đất dưới mũi cọc không còn chặt và $N_{60\ TB} = 77$ ( xem chi tiết 1 trong phần nhận xét). Kết quả như sau:

B13: $P_n = 4080 - 4280$ tấn (chưa trừ trọng lượng bản thân cọc)

B41: $P_n = 2945 - 3120$ tấn ( chưa trừ trọng lượng bản thân cọc)

Như vậy, hệ số an toàn dự báo theo SPT là $F_s \approx 1.6 - 2.0$.

Như vậy, giả thiết $E_h = 45\%$ cho kết quả rất phù hợp với kết quả Osterberg. Từ giả thiết này, chúng tôi tính lực đẩy lên và đẩy xuống của O - cell tại vị trí 3 m từ mũi cọc lên, có kể đến trọng lượng bản thân cọc. Kết quả tóm tắt như sau:

| | | Lực O - cell đẩy lên(tấn) | Lực O - cell đẩy xuống(tấn) |
|---|---|---|---|
| B13 | Theo dự báo SPT; Lực cực hạn | 2177 | 2160 |
| | Theo dự báo SPT; Lực có thể | 2160 | 2160 |
| | Thực tế Osterberg | 2160 | 2160 |
| B41 | Theo dự báo SPT; Lực cực hạn | 1618 | 1484 |
| | Theo dự báo SPT; Lực có thể | 1484 | 1484 |
| | Thực tế Osterberg | 1495 | 1495 |

**6. Nhận xét**

1. Mặc dù mũi cọc tựa vào lớp cuội sỏi rất chặt, cả lý thuyết (FHWA) và thực nghiệm (thí nghiệm Osterberg) đều chứng tỏ barrette làm việc chủ yếu nhờ vào ma sát. Có thể tạm giải thích như sau:

+ Sau khi đào hố và thổi rửa xong, vẫn còn cặn lắng ở đáy hố;

+ Công nghệ khoan gặp không thể gặp hết cuội sỏi mà mũi khoan đã xới lên.

Công nghệ thổi rửa cũng không thể thổi được các cuội sỏi cỡ lớn. Bởi vậy, sau khi thi công, đất ở mũi cọc là cuội sỏi "rời/chặt vừa" chứ không phải cuội sỏi "rất chặt".

2. Về hệ số an toàn

Để huy động sức kháng mũi, mũi cọc phải chuyển vị rất lớn. Ví dụ: Xét cọc B13, nếu mũi cọc chuyển vị 5mm thì ma sát là 2160 tấn (cực hạn), còn sức kháng mũi chỉ là 500 tấn. Như vậy, P = 2660 tấn (chưa trừ bớt trọng lượng bản thân cọc). Giá trị 2660 tấn này có hệ số an toàn về ma sát bên là $F_{sms} = 1$, còn hệ số an toàn về sức kháng mũi là $F_{sm} \approx 4$. Muốn hệ số an toàn về ma sát bên đạt tối thiểu là 2 thì sức chịu tải cho phép [P] sẽ nhỏ hơn nhiều (sơ bộ [P] đạt khoảng 1400 - 1500 tấn với $E_{sms} = 2$). Tương tự như vậy, muốn hệ số an toàn về ma sát bên cho cọc B41 đạt tối thiểu là 2 thì [P] ≈ 1100 - 1300 tấn.

**Bảng 1**

Giả thiết thiết bị SPT là tiêu chuẩn, năng lượng hữu ích 60%

Cọc 1,5 × 2,8 dài 43, 5m

Hố khoan: K5

| Z(m) | N | Đất | σ'(bar) | Su (kPa) | $f_i$(kPa) | Kháng bên (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.4 | 0 | | 0.36 | 0 | - | - |
| 7 | 0 | | 0.82 | 0 | - | - |
| 8.5 | 7 | | 0.97 | 42 | 23.1 | 149 |
| 10.9 | 20 | | 1.21 | 120 | 66.0 | 920 |
| 13.7 | 21 | Dính | 1.49 | 126 | 69.3 | 1629 |
| 15.5 | 22 | | 1.67 | 132 | 72.6 | 1022 |
| 18.2 | 18 | | 1.94 | 108 | 59.4 | 1533 |
| 19.7 | 14 | | 2.09 | 84 | 46.2 | 681 |
| 21.7 | 22 | | 2.29 | 132 | 72.6 | 1022 |
| 23.2 | 31 | | 2.44 | | 78.6 | 976 |
| 24.7 | 34 | | 2.59 | | 73.8 | 983 |
| 26.2 | 32 | | 2.74 | | 68.5 | 918 |
| 27.7 | 34 | Rời | 2.89 | | 72.3 | 908 |
| 29.2 | 64 | | 3.04 | | 76.0 | 956 |
| 31.2 | 71 | | 3.24 | | 81.0 | 1350 |
| 33.2 | 73 | | 3.44 | | 86.0 | 1436 |
| 36.2 | 87 | | 3.74 | | 93.5 | 2316 |
| 37.7 | 121 | | 3.89 | | 97.3 | 1230 |
| 39.1 | 150 | | 4.03 | | 100.8 | 1192 |
| 40.5 | | Sỏi sạn | 4.17 | | 104.3 | 1234 |
| 40.7 | 134 | | 1.19 | | 104.8 | 180 |
| 42.2 | 111 | | 4.34 | | 108.5 | 1375 |
| 43.5 | 124 | | 4.47 | | 111.8 | 1231 |

Bên cọc = 23316KN = 2377 tấn

Mũi cọc = 29946kN = 3053 tấn

Pu = 53262kN = 5429 tấn

O-Cell đẩy lên cực hạn : 2368

O-Cell đẩy xuống cực hạn : 3317

:5686

## Bảng 2

Giả thiết thiết bị SPT là tiêu chuẩn, năng lượng hữu ích 60%

Cọc 1,5 × 2,8 dài 43, 5m

Hố khoan: SPT K6

| Z(m) | N | Đất | σ'(bar) | Su (kPa) | $f_i$(kPa) | Kháng bên (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0 | | 0.82 | 0 | - | - |
| 7.4 | 14 | | 0.86 | 84 | 46.2 | 79 |
| 9.4 | 32 | | 1.06 | 192 | 97.5 | 1236 |
| 11.7 | 30 | | 1.29 | 180 | 93.5 | 1890 |
| 13.2 | 15 | dính | 1.44 | 90 | 49.5 | 923 |
| 15 | 22 | | 1.62 | 132 | 72.6 | 945 |
| 17.2 | 17 | | 1 .64 | 102 | 56.1 | 1218 |
| 18.7 | 20 | | 1.99 | 120 | 56 0 | 788 |
| 20.7 | 28 | | 2.19 | 168 | 89.4 | 1336 |
| 22.2 | 29 | | 2.34 | 174 | 91.5 | 1167 |
| 23.7 | 32 | | 2.49 | | 77.1 | 1088 |
| 25.2 | 27 | | 2·34 | | 72.9 | 962 |
| 26.7 | 30 | | 2.79 | | 69.8 | 914 |
| 28.2 | 27 | Rời | 2.94 | | 73 5 | 924 |
| 29.7 | 32 | | 3.09 | | 77 3 | 972 |
| 31.7 | 51 | | 3.29 | | 82.3 | 1372 |
| 33.7 | 97 | | 3.49 | | 87.3 | 1458 |
| 35.7 | 99 | | 3.69 | | 92.3 | 1544 |
| 37 2 | 110 | | 3.94 | | 96.0 | 1214 |
| 38.7 | 144 | | 3.99 | | 99.3 | 1263 |
| 40.2 | 106 | Sỏi sạn | 4.14 | | 103.5 | 1311 |
| 40.5 | | | 4.17 | | 104.3 | 268 |
| 41.7 | 123 | | 4.29 | | 107.3 | 1091 |
| 43 2 | 125 | | 4.44 | | 111.0 | 1408 |
| 43.5 | | | 4.47 | | 111.8 | 287 |

Bên cọc = 25657 kN

Mũi cọc = Như trên

Pu = 5668 tấn

## Bảng 3

Giả thiết thiết bị SPT chỉ có năng lượng hữu ích là 45%

Cọc 1,5 × 2,8 dài 43, 5m

Hố khoan: K5

| Z(m) | N | $N_{60}$ | Đất | σ'(bar) | Su (kPa) | $f_i$(kPa) | Kháng bên (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.4 | 0 | 0.0 | | 0.36 | 0 | | |
| 7 | | | | 0.82 | 132 0 | | |
| 8.5 | 7 | 5.3 | | 0.97 | | 17 3 | 112 |
| 10.9 | 20 | 15.0 | | 1.21 | 90 | 19.5 | 690 |
| 13.7 | 21 | 15.8 | dính | 1.49 | 95 | 52.0 | 1222 |
| 15.5 | 22 | 16.5 | | 1.67 | 99 | 54.5 | 824 |
| 18.2 | 18 | 13.5 | | 1.94 | 81 | 44.6 | 149 |
| 19.7 | 14 | 10.5 | | 2.09 | 63 | 34.7 | 511 |
| 21.7 | 22 | 16.5 | | 2.29 | 99 | 54.5 | 766 |
| 23.2 | 31 | 23.3 | | 2.44 | | 78.6 | 858 |
| 24.7 | 34 | 25.5 | | 2.59 | | 73.8 | 983 |
| 26.2 | 32 | 24.0 | | 2.74 | | 68.5 | 918 |
| 27.7 | 34 | 25.5 | Rời | 2.89 | | 72.3 | 908 |
| 29.2 | 64 | 48.0 | | 3.04 | | 76.0 | 956 |
| 31.2 | 71 | 53.3 | | 3.24 | | 81.0 | 1350 |
| 33.2 | 73 | 54.8 | | 3.44 | | 86.0 | 1436 |
| 36.2 | 87 | 65.3 | | 3.74 | | 93.5 | 2316 |
| 37.7 | 121 | 90.8 | | 3.89 | | 97.3 | 1230 |
| 39.1 | 150 | 112.5 | | 4.03 | | 100.8 | 1192 |
| 40.5 | | 102.0 | Sỏisạn | 4.17 | | 1043 | 1234 |
| 40.7 | 134 | 100.5 | | 4.19 | | 104.8 | 180 |
| 42.2 | 111 | 83.3 | | 4.34 | | 108.5 | 1375 |
| 43.5 | 124 | 93.0 | | 4.47 | | 111.8 | 1231 |

Bên cọc = 211441KN = 2186 tấn

Mũi cọc = 18596kN = 1896 tấn

Pu = 40037kN = 4081 tấn

O-Cell đẩy lên cực hạn : 2177 tấn

O-Cell đẩy xuống cực hạn : 2160 tấn

: 4337 tấn

**Bảng 4**

Giả thiết thiết bị SPT chỉ có năng lượng hữu ích là 45%

Cọc 1,5 × 2,8 dài 43, 5m

Hố khoan: SPT K6

| Z(m) | N | $N_{60}$ | Đất | σ'(bar) | Su (kPa) | $f_i$(kPa) | Kháng bên (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0 | 0 | | 0.82 | 0 | - | - |
| 7.4 | 14 | 10.5 | | 0.86 | 63 | 34.7 | 60 |
| 9.4 | 32 | 24 | | 1.06 | 144 | 79.2 | 979 |
| 11.7 | 30 | 22.5 | | 1.29 | 135 | 74.3 | 1518 |
| 13.2 | 15 | 11.25 | Dính | 1.44 | 68 | 37.1 | 718 |
| 15 | 22 | 16.5 | | 1.62 | 99 | 54.5 | 709 |
| 17.2 | 17 | 12.75 | | 1.84 | 77 | 42.1 | 913 |
| 18.7 | 20 | 15 | | 1.99 | 90 | 49.5 | 591 |
| 20.7 | 28 | 21 | | 2.19 | 126 | 69.3 | 1022 |
| 22.2 | 29 | 21.75 | | 2.34 | 131 | 71.8 | 910 |
| 23.7 | 32 | 24 | | 2.49 | | 77.1 | 960 |
| 25.2 | 27 | 20.25 | | 2.64 | | 72.0 | 962 |
| 26.7 | 30 | 22.5 | | 2.79 | | 69.8 | 914 |
| 28.2 | 27 | 20.25 | Rời | 2.94 | | 73.5 | 924 |
| 29.7 | 32 | 24 | | 3.09 | | 77.3 | 972 |
| 31.7 | 51 | 38.25 | | 3.29 | | 82.3 | 1372 |
| 33.7 | 97 | 72.75 | | 3.49 | | 87.3 | 1458 |
| 35.7 | 99 | 74.25 | | 3.69 | | 92.3 | 1544 |
| 37.2 | 110 | 82.5 | | 3.84 | | 96.0 | 1214 |
| 38.7 | 144 | 108 | | 3 99 | | 99.8 | 1263 |
| 40.2 | 106 | 79.5 | Sỏi sạn | 4.14 | | 103.5 | 1311 |
| 40.5 | | 82.05 | | 4.17 | | 104.3 | 268 |
| 41.7 | 123 | 92.25 | | 4.29 | | 107.3 | 1091 |
| 43.2 | 125 | 93.75 | | 4.44 | | 111.0 | 1408 |
| 43.9 | | 103.125 | | 4.47 | | 111.8 | 237 |
| 45 | 200 | 150 | | | | | |

Bên cọc = 23367 kN

Mũi cọc = Như trên

Pu = 4277 tấn.

## Bảng 5

Giả thiết thiết bị SPT chỉ có năng lượng hữu ích là 60%

Cọc 1,5 × 2,8 dài 40,5m

Hố khoan: K5

| Z(m) | N | $N_{60}$ | Đất | σ'(bar) | Su (kPa) | $f_i$(kPa) | Kháng bên (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.4 | 0 | 0.0 | | 0.36 | 0 | - | - |
| 7 | 0 | 0.0 | | 0.82 | 0 | - | - |
| 8.5 | 7 | 7.0 | | 0.97 | 42 | 23.1 | 132 |
| 10.9 | 20 | 20.0 | | 1.21 | 120 | 66.0 | 813 |
| 13.7 | 21 | 21.0 | Dính | 1.49 | 126 | 69.3 | 1440 |
| 15.5 | 22 | 22.0 | | 1.67 | 132 | 72.6 | 971 |
| 18.2 | 18 | 18.0 | | 1.94 | 108 | 59.4 | 1354 |
| 19.7 | 14 | 14.0 | | 2.09 | 84 | 46.2 | 602 |
| 21.7 | 22 | 22.0 | | 2.29 | 132 | 72.6 | 903 |
| 23.2 | 31 | 31.0 | | 2.44 | | 78.6 | 862 |
| 24.7 | 34 | 34.0 | | 2.59 | | 73.8 | 869 |
| 26.2 | 32 | 32.0 | | 2.74 | | 68.5 | 811 |
| 27.7 | 34 | 34.0 | Rời | 2.89 | | 72.3 | 802 |
| 29.2 | 64 | 64.0 | | 3.04 | | 76.0 | 845 |
| 31.2 | 71 | 71.0 | | 3.24 | | 81.0 | 1193 |
| 33.2 | 73 | 73.0 | | 3.44 | | 86.0 | 1269 |
| 36.2 | 87 | 87.0 | | 3.74 | | 93.5 | 2046 |
| 37.5 | | 116.5 | | 3.87 | | 96.8 | 940 |
| 37.7 | 121 | 121.0 | Sỏi sạn | 3.89 | | 97.3 | 147 |
| 39.1 | 150 | 150.0 | | 4.03 | | 100.8 | 1053 |
| 40.5 | 134 | 134.0 | | 4.17 | | 104.3 | 1091 |

Bên cọc = 18143KN = 1849 tấn

Mũi cọc = 21574kN = 2199 tấn

Pu = 39717kN = 4049 tấn

O-Cell đẩy lên cực hạn : 1787 tấn

O-Cell đẩy xuống cực hạn : 2420 tấn

: 4206 tấn

## Bảng 6

Giả thiết thiết bị SPT chỉ có năng lượng hữu ích là 60%

Cọc 1,5 x 2,8 dài 40,5m

Hố khoan:SPT K6

| Z(m) | N | $N_{60}$ | Đất | σ'(bar) | Su (kPa) | $f_i$(kPa) | Kháng bên (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0 | 0.0 | | | 0 | - | - |
| 7.4 | 14 | 14.0 | | 0.86 | 84 | 46.2 | 70 |
| 9.4 | 32 | 32.0 | | 1.06 | 192 | 97.5 | 1092 |
| 11.7 | 30 | 30.0 | | 1.29 | 180 | 93.6 | 1671 |
| 13.2 | 15 | 15.0 | Dính | 1.44 | 90 | 49.5 | 816 |
| 15 | 22 | 22.0 | | 1.62 | 132 | 72.6 | 835 |
| 17.2 | 17 | 17.0 | | 1.84 | 102 | 56.1 | 1076 |
| 18.7 | 20 | 20.0 | | 1.99 | 120 | 66.0 | 696 |
| 20.7 | 28 | 28.0 | | 2.19 | 168 | 89.4 | 1181 |
| 22.2 | 29 | 29.0 | | 2.34 | 174 | 91.5 | 1031 |
| 23.7 | 32 | 32.0 | | 2.49 | | 77.1 | 961 |
| 25.2 | 27 | 27.0 | | 2.64 | | 72.0 | 850 |
| 26.7 | 30 | 30.0 | Rời | 2.79 | | 69.8 | 808 |
| 28.2 | 27 | 27.0 | | 2.94 | | 73.5 | 817 |
| 29.7 | 32 | 32.0 | | 3.09 | | 77.3 | 859 |
| 31.7 | 51 | 51.0 | | 3.29 | | 82.3 | 1212 |
| 33.7 | 97 | 97.0 | | 3.49 | | 87.3 | 1288 |
| 35.7 | 99 | 99.0 | | 3.69 | | 92.3 | 1364 |
| 37.2 | 110 | 110.0 | Sỏi sạn | 3.84 | | 96.0 | 1073 |
| 38.7 | 144 | 144.0 | | 3.99 | | 99.8 | 1116 |
| 40.5 | 106 | 106.0 | | 4.17 | | 104.3 | 1395 |

Bên cọc = 20211kN

Mũi cọc = Như trên

Pu = 4259 tấn.

## Bảng 7

Giả thiết thiết bị SPT chỉ có năng lượng hữu ích là 45%

Cọc 1,5 × 2,8 dài 40,5m

Hố khoan: K5

| Z(m) | N | $N_{60}$ | Đất | σ'(bar) | Su (kPa) | $f_i$(kPa) | Kháng bên (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.4 | 0 | 0.0 | | 0.36 | 0 | | |
| 7 | | | | 0.82 | 0 | | |
| 8.5 | 7 | 5.3 | | 0.97 | 32 | 17,3 | 99 |
| 10.9 | 20 | 15.0 | | 1.21 | 90 | 49.5 | 609 |
| 13.7 | 21 | 15.8 | Dính | 1.49 | 95 | 52 0 | 1080 |
| 15.5 | 22 | 16.5 | | 1.67 | 99 | 54.5 | 728 |
| 18.2 | 18 | 13.5 | | 1.94 | 81 | 44.6 | 1016 |
| 19.7 | 14 | 10.5 | | 2.09 | 63 | 34.7 | 451 |
| 21.7 | 22 | 16.5 | | 2.29 | 99 | 54.5 | 677 |
| 23.2 | 31 | 23.3 | | 2.44 | | 78.6 | 759 |
| 24.7 | 34 | 25.5 | Rời | 2.59 | | 73.8 | 869 |
| 26.2 | 32 | 24.0 | | 2.74 | | 68.5 | 811 |
| 27.7 | 34 | 25.5 | | 2.89 | | 72.3 | 802 |
| 29.2 | 64 | 48.0 | | 3.04 | | 76.0 | 845 |
| 31.2 | 71 | 53.3 | | 3.24 | | 81.0 | 1193 |
| 33.2 | 73 | 54.8 | | 3.44 | | 86.0 | 1269 |
| 36.2 | 87 | 65.3 | | 3.74 | | 93.5 | 2046 |
| 37.5 | | 87.4 | | 3.87 | | 96.8 | 940 |
| 37.7 | 121 | 90.8 | Sỏi sạn | 3.89 | | 97 3 | 147 |
| 39.1 | 150 | 112.5 | | 4 03 | | 100.8 | 1053 |
| 40.5 | 134 | 100.5 | | 4.17 | | 104.3 | 1091 |

Bên cọc = 16486KN = 1681 tấn

Mũi cọc = 12397kN = 1264 tấn

Pu = 28883kN = 2944 tấn

O-Cell đẩy lên cực hạn : 1618 tấn

O-Cell đẩy xuống cực hạn : 1484 tấn

: 3102 tấn

## Bảng 8

Giả thiết thiết bị SPT chỉ có năng lượng hữu ích là 45%

Cọc 1,5 × 2,8 dài 40,5m

Hố khoan: SPT K6

| Z(m) | N | $N_{60}$ | Đất | σ'(bar) | Su (kPa) | $F_i$(kPa) | Kháng bên (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0 | 0.0 | | | 0 | - | - |
| 7.4 | 14 | 10.5 | | 0.86 | 63 | 34.7 | 53 |
| 9.4 | 32 | 24.0 | | 1.06 | 144 | 79.2 | 865 |
| 11.7 | 30 | 22.5 | | 1.29 | 135 | 74.3 | 1341 |
| 13.2 | 15 | 11.3 | Dính | 1.44 | 68 | 37.1 | 635 |
| 15 | 22 | 16.5 | | 1.62 | 99 | 54.5 | 626 |
| 17.2 | 17 | 12.8 | | 1.84 | 77 | 42.1 | 807 |
| 18.7 | 20 | 15.0 | | 1.99 | 90 | 49.5 | 522 |
| 20.7 | 28 | 21.0 | | 2.19 | 126 | 69.3 | 903 |
| 22.2 | 29 | 21.8 | | 2.34 | 131 | 71.8 | 804 |
| 23.7 | 32 | 24.0 | | 2.49 | | 77.1 | 849 |
| 25.2 | 27 | 20.3 | Rời | 2.64 | | 72.0 | 850 |
| 26,7 | 30 | 22.5 | | 2.79 | | 69.8 | 808 |
| 28 2 | 27 | 20.3 | | 2.94 | | 73.5 | 817 |
| 29.7 | 32 | 24.0 | | 3.09 | | 77.3 | 859 |
| 31.7 | 51 | 38.3 | | 3.29 | | 82.3 | 1212 |
| 33.7 | 97 | 72.8 | | 3.49 | | 87.3 | 1288 |
| 35.7 | 99 | 74.3 | | 3.69 | | 92,3 | 1364 |
| 37.2 | 110 | 82.5 | Sỏi sạn | 3,84 | | 96.0 | 1073 |
| 38.7 | 144 | 108.0 | | 3.99 | | 99.8 | 1116 |
| 40.5 | 106 | 79.5 | | 4.17 | | 104.3 | 1395 |

Bên cọc = 18187 kN

Mũi cọc = Như trên

Pu = 3118 tấn.

## 3. NHẬT KÝ GHI CHÉP SỐ LIỆU THU TỪ LVDT VÀ LVWDT LƯU BẰNG MÁY TÍNH

| Time | Tos A | Tos B | Comp A | Comp B | Comp C | Comp D | Leica | PSI 1 | BP A | BP B | BP C | BP D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* | *11* | *12* | *13* |
| 0:31 | 1,10 | 0.7834 | 0.296423 | 0.494952 | 0.652703 | 0.72248 | 0 | -11.6936 | 76.3462 | 75.6169 | 76.10187 | 78.1437 |
| 0:30 | 1,10. | 0.7834 | 0.296423 | 0.494952 | 0.657574 | 0.724921 | 0 | -8.9568 | 76.3781 | 75.6466 | 76.13424 | 78.1736 |
| 0:29 | 1.10 | 0.7834 | 0.296423 | 0.497414 | 0.66001 | 0.727361 | 0 | -9.7032 | 76.4174 | 75.6787 | 76.16661 | 78.2084 |
| 0: 28 | 1.27 | 0.9188 | 0.298873 | 0.497414 | 0.662445 | 0.732243 | 0.1 | -9.4544 | 76.4787 | 75.748 | 76.21392 | 78.2607 |
| 0: 27 | 1.12 | 0.7737 | 0.301323 | 0.499877 | 0.667316 | 0.737125 | 0 | -9.4544 | 76.594 | 75.8716 | 76.26621 | 78.3528 |
| 0:26 | 1.21 | 0.8221 | 0.313572 | 0.514652 | 0.689235 | 0.763974 | 0.1 | 28.8608 | 77.124 | 76.3934 | 76.84638 | 78.8857 |
| 0:25 | 1.20 | 0.8317 | 0.33317 | 0.551588 | 0.754993 | 0.839639 | 0 | 220.6856 | 78.287 | 77.4296 | 77.72784 | 80.1083 |
| 0:24 | 1.22 | 0.8704 | 0.355218 | 0.590987 | 0.828057 | 0.925067 | 0 | 452.5672 | 79.2194 | 78.2853 | 78.74127 | 81.2089 |
| 0:23 | 1.25 | 0.9381 | 0.399314 | 0.650086 | 0.930346 | 1.051989 | 0 | 799.892 | 80.2965 | 79.2473 | 79.76466 | 82.3592 |
| 0:22 | 1.30 | 0.9671 | 0.431161 | 0.69441 | 1.022893 | 1.159385 | 0 | 1180.8048 | 80.9418 | 78.618 | 80.44941 | 82.917 |
| 0:21 | 1.29 | 0.9671 | 0.431161 | 0.69441 | 1.025329 | 1.159385 | 0 | 1177.3216 | 80.9516 | 78.6089 | 80.45688 | 82.927 |
| 0:20 | 1.28 | 0.9768 | 0.431161 | 0.69441 | 1.025329 | 1.159385 | 0 | 1168.6136 | 80.9467 | 78.6089 | 80.46435 | 82.929. |
| 0:19 | 1.29 | 0.9671 | 0.433611 | 0.69441 | 1.025329 | 1.159385 | 0 | 1153.6856 | 80.9541 | 78.5982 | 80.46684 | 82.9519 |
| 0:18 | 1.32 | 0.9865 | 0.438511 | 0.706722 | 1.047248 | 1.183793 | 0 | 1222.1056 | 81.0694 | 80.1499 | 80.6013 | 83.1038 |
| 0:17 | 1.33 | 1.0155 | 0.450759 | 0.721497 | 1.074038 | 1.215524 | 0 | 1244 | 81.3982 | 80.323 | 80.81046 | 83.4399 |
| 0:16 | 1.42 | 1.0638 | 0.514454 | 0.817533 | 1.234778 | 1.398584 | 0 | 1767.4752 | 32.3526 | 81.3048 | 81.79899 | 84.172 |
| 0:15 | 1.46 | 1.1412 | 0.578148 | 0.908643 | 1.397954 | 1.576763 | 0 | 2415.1016 | 83.0102 | 81.975 | 82.48374 | 84.3737 |
| 0:14 | 1.48 | 1.1315 | 0.578148 | 0.913568 | 1.405261 | 1.584086 | 0 | 2438.4888 | 83.0274 | 82.0022 | 82.49868 | 84.3861 |
| 0:13 | 1.48 | 1.1315 | 0.578148 | 0.913568 | 1.405261 | 1.584086 | 0 | 2433.7616 | 83.0372 | 82.0096 | 82.50615 | 84.3886 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* | *11* | *12* | *13* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0:12 | 1.48 | 1.1315 | 0.578148 | 0.913568 | 1.405261 | 1.586527 | 0 | 2416.8432 | 83.0789 | 82.0838 | 82.53354 | 84.3986 |
| 0:11 | 1.56 | 1.2089 | 0.,673689 | 1.044078 | 1.604968 | 1.798877 | 0 | 3085.12 | 83.366 | 82.3534 | 82.83732 | 84.5405 |
| 0:10 | 1.60 | 1.2379 | 0.705537 | 1.103177 | 1.704822 | 1.903832 | 0 | 3579.2368 | 83.4347 | 82.4103 | 82.91451 | 84.5579 |
| 0:09 | 1.59 | 1.2476 | 0.703087 | 1.105639 | 1.704822 | 1.903832 | 0 | 3577.744 | 83.4322 | 82.4201 | 82.91202 | 84.5579 |
| 0:08 | 1.60 | 1.2379 | 0.703087 | 1.105639 | 1.704822 | 1.903832 | 0 | 3575.7536 | 83.4347 | 82.4226 | 82.917 | 84.5604 |
| 0:07 | 1.59 | 1.2476 | 0.705537 | 1.103177 | 1.704822 | 1.903832 | 0 | 3574.5096 | 83.4396 | 82.4276 | 82.92198 | 84.5604 |
| 0:06 | 1.59 | 1.2476 | 0.703087 | 1.105639 | 1.704822 | 1.906273 | 0 | 3570.28 | 83.442 | 82.4325 | 82.92198 | 84.5629 |
| 0:05 | 1.61 | 1.2766 | 0.722685 | 1.137651 | 1.755967 | 1.955089 | 0 | 3710.3544 | 83.4641 | 82.5042 | 82.95435 | 84.5679 |
| 0:04 | 1.66 | 1.3153 | 0.786379 | 1.164738 | 1.870434 | 2.074689 | 0 | 4796.1176 | 83.469 | 82.5537 | 82.95933 | 84.5679 |
| 0:03 | 1.68 | 1.3056 | 0.786379 | 1.1672 | 1.870434 | 2.07713 | 0 | 4784.424 | 83.4518 | 82.5364 | 82.94439 | 84.548 |
| 0:02 | 1.38 | 1.3056 | 0.77658 | 1.095789 | 1.867998 | 2.067366 | 0 | 4808.3088 | 84.5355 | 84.5355 | 84.5355 | 84.5355 |
| 0:01 | 1.40 | 1.2959 | 0.77658 | 1.095789 | 1.865563 | 2.064926 | 0 | 4778.9504 | 84.4982 | 84.4982 | 84.49815 | 84.4982 |
| 0:00 | 1.64 | 1.3153 | 0.783929 | 1.169663 | 1.867998 | 2.072248 | 0 | 4774.9696 | 83.3586 | 82.4597 | 82.86222 | 84.4757 |
| 23:59 | 1.65 | 1.3056 | 0.783929 | 1.172125 | 1.865563 | 2.069807 | 0 | 4804.5768 | 83.3169 | 82.4127 | 82.82985 | 84.4459 |
| 23:58 | 1.64 | 1.3056 | 0.786379 | 1.172125 | 1.865563 | 2.069807 | 0 | 4783.18 | 83.2776 | 82.3905 | 82.80246 | 84.3986 |
| 23:57 | 1.64 | 1.3056 | 0.783929 | 1.169663 | 1.865563 | 2.069807 | 0 | 4798.108 | 83.2089 | 82.3336 | 82.75017 | 84.3438 |
| 23:56 | 1.62 | 1.2959 | 0.77658 | 1.164738 | 1.853385 | 2.052722 | 0 | 4782.4336 | 83.0004 | 82.1506 | 82.59579 | 34.167 |
| 23:55 | 1.60 | 1.2573 | 0.754532 | 1.127801 | 1.799805 | 1.996583 | 0 | 4643.1056 | 82.5735 | 81.7327 | 82.23972 | 83.7686 |
| 23:54 | 1.56 | 1.2186 | 0.720235 | 1.07609 | 1.726741 | 1.920918 | 0 | 4401.272 | 82.0925 | 81.2727 | 81.80646 | 83.2731 |
| 23:53 | 1.52 | 1.1896 | 0.683488 | 1.019453 | 1.646371 | 1.835489 | 0 | 4153.2184 | 81.5969 | 80.7929 | 81.35328 | 82.79 |
| 23:52 | 1.49 | 1.1509 | 0.644292 | 0.952967 | 1.556259 | 1.740298 | 0 | 3840.228 | 81.0498 | 80.3057 | 80.88765 | 82.3568 |
| 23:51 | 1.48 | 1.1219 | 0.622244 | 0.916031 | 1.505114 | 1.681718 | 0 | 3603.3704 | 80.9271 | 80.1722 | 80.68098 | 82.2572 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* | *11* | *12* | *13* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17.18.00 | 0.24 | 0.22 | 0.24 | 0.35 | 0.18 | 0.32 | 0.00 | 1542 | 5.47 | 4.80 | 4.65 | 3.81 |
| 17:17:00 | 0.23 | 0.21 | 0.21 | 0.34 | 0.18 | 0.31 | 0.00 | 1517 | 5.12 | 4.47 | 4.35 | 3.46 |
| 17:16:00 | 0.24 | 0.20 | 0.20 | 0.32 | 0.16 | 0.30 | 0.00 | 1463 | 4.79 | 3.94 | 3.98 | 3.19 |
| 17:15:00 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.32 | 0.16 | 0.29 | 0.00 | 1445 | 4.55 | 3.69 | 3.77 | 3.00 |
| 17:14:00 | 0.20 | 0.19 | 0.19 | 0.32 | 0.16 | 0.29 | 0.00 | 1426 | 4.28 | 3.43 | 3.53 | 2.82 |
| 17:13:00 | 0.18 | 0.18 | 0.16 | 0.29 | 0.14 | 0.26 | 0.00 | 1414 | 3.70 | 2.83 | 3.05 | 2.26 |
| 17:12:00 | 0.17 | 0.17 | 0.10 | 0.23 | 0.11 | 0.22 | 0.00 | 1276 | 2.78 | 1.99 | 2.15 | 1.39 |
| 17:11:00 | 0.14 | 0.15 | 0.04 | 0.17 | 0.08 | 0.19 | 0.00 | 1202 | 1.72 | 1.17 | 1.47 | 0.68 |
| 17:10:00 | 0.14 | 0.15 | 0.01 | 0.13 | 0.06 | 0.17 | 0.00 | 1004 | 1.26 | 0.81 | 1.16 | 0.46 |
| 17:09:00 | 0.13 | 0.15 | 0.01 | 0.13 | 0.05 | 0.17 | 0.00 | 1011 | 1.29 | 0.83 | 1.16 | 0.46 |
| 17:08:00 | 0.13 | 0.15 | 0.01 | 0.13 | 0.06 | 0.17 | 0.00 | 1009 | 1.29 | 0.83 | 1.15 | 0.45 |
| 17:07:00 | 0.14 | 0.14 | 0.01 | 0.13 | 0.061 | 0.17 | 0.00 | 1007 | 1.27 | 0.82 | 1.13 | 0.44 |
| 17:06:00 | 0.13 | 0.14 | 0.01 | 0.13 | 0.06 | 0.17 | 0.00 | 1014 | 1.28 | 0.82 | 1.12 | 0.44 |
| 17:05:00 | 0.14 | 0.12 | 0.01 | 0,13 | 0.05 | 0.16 | 0.00 | 1012 | 1.27 | 0.80 | 1.11 | 0.43 |
| 17:04:00 | 0.13 | 0.13 | 0.01 | 0.13 | 0.05 | 0.16 | 0.00 | 1013 | 1.27 | 0.82 | 1.11 | 0.42 |
| 17:03:00 | 0.14 | 0.13 | 0.00 | 0.12 | 0.02 | 0.15 | 0.00 | 1024 | 1.19 | 0.63 | 1.06 | 0.39 |
| 17:02:00 | 0.14 | 0.13 | 0.00 | 0.12 | 0.02 | 0.14 | 0.00 | 993 | 1.17 | 0.57 | 1.01 | 0.37 |
| 17:01:00 | 0.12 | 0.13 | 0.00 | 0.11 | 0.01 | 0.13 | 0.00 | 958 | 1.04 | 0.51 | 0.92 | 0.33 |
| 17:00:00 | 0.10 | 0.12 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 831 | 0.70 | 0.22 | 0.59 | 0.27 |
| 16:59:00 | 0.09 | 0.09 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 504 | 0.68 | 0.17 | 0.55 | 0.25 |
| 16:58:00 | 0.08 | 0.08 | 0.00 | 0.05 | 0.01 | 0.09 | 0.00 | 505 | 0.66 | 0.17 | 0.55 | 0.25 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* | *11* | *12* | *13* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16:57:00 | 0.08 | 0.09 | 0.00 | 0.05 | 0.01 | 0.09 | 0.00 | 506 | 0.67 | 0.17 | 0.56 | 0.25 |
| 16:56:00 | 0.09 | 0.07 | 0.00 | 0.05 | 0.01 | 0.09 | 0.00 | 507 | 0.66 | 0.16 | 0.55 | 0.25 |
| 16:55:00 | 0.07 | 0.08 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 508 | 0.68 | 0.17 | 0.55 | 0.25 |
| 16:54:00 | 0.08 | 0.08 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 508 | 0.58 | 0.16 | 0.55 | 0.25 |
| 16:53:00 | 0.08 | 0.08 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 511 | 0.67 | 0.17 | 0.55 | 0.25 |
| 16:52:00 | 0.07 | 0.07 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 514 | 0.68 | 0.18 | 0.54 | 0.24 |
| 16:51:00 | 0.06 | 0.07 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 431 | 0.67 | 0.17 | 0.53 | 0.23 |
| 16:50:00 | 0.06 | 0.06 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 214 | 0.66 | 0.16 | 0.64 | 0.23 |
| 16:49:00 | 0.07 | 0.06 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 31 | 0.66 | 0.17 | 0.64 | 0.23 |

## CHUYỂN VỊ ĐI LÊN VÀ ĐI XUỐNG CỦA BẢN ĐỠ HỘP O-CELL
## CỌC BARRETTE 41 -27 LÁNG HẠ, ĐỐNG ĐA - HÀ NỘI, VIỆT NAM

| Gia số tải trọng | Thời gian giữ tải (min) | Thời gian (h:m) | O-Cell | | TOS [1] (mm) | COMP (mm) | Chuyển vị đi lên (mm) | Độ mở rộng hộp O-Cell[2] (mm) | Chuyển vị đi xuống (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Pressure (MPa) | Load (MN) | | | | | |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
| L - 0 | - | 16:40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| L - 1 | 1 | 16:58 | 2.76 | 0.96 | - 0.05 | 0.05 | 0.00 | 0.26 | - 0.26 |
| L - 1 | 2 | 16:59 | 2.76 | 0.96 | - 0.05 | 0.05 | 0.01 | 0.26 | - 0.25 |
| L - 1 | 4 | 17:01 | 2.76 | 0.96 | - 0.05 | 0.05 | 0.01 | 0.26 | - 0 25 |
| L - 1 | 8 | 17:05 | 2.76 | 0.96 | - 005 | 0.05 | 0.01 | 0.27 | - 0.26 , |
| L - 2 | 1 | 17:07 | 5.52 | 1.87 | - 0.03 | 0.06 | 0 04 | 0.28 | - 0.25 |
| L - 2 | 2 | 17:08 | 5.52 | 1.87 | - 0.02 | 0.06 | 0 05 | 028 | - 0.24 |
| L - 2 | 4 | 17:10 | 5.52 | 1.87 | - 0.12 | 0.06 | 0 05 | 0.29 | - 0.34 |
| L - 2 | 8 | 17:14 | 5.52 | 1.87 | - 0.01 | 0.06 | 0.06 | 0.28 | - 0.23 |
| L - 3 | 1 | 17:16 | 8.27 | 2.79 | 0.02 | 0.13 | 0.15 | 0.82 | - 0.67 |
| L - 3 | 2 | 17:17 | 8.27 | 2.79 | 0.02 | 0.13 | 0.16 | 0.83 | - 0.67 |
| L - 3 | 4 | 17:19 | 8.27 | 2.79 | - 0.07 | 0.14 | 0.06 | 0.84 | - 0.78 |
| L - 3 | 8 | 17:23 | 8.27 | 2.79 | 0.03 | 0.14 | 0.17 | 0.87 | - 0.69 |
| L - 4 | 1 | 17:26 | 11.03 | 3.70 | - 0.01 | 0.23 | 0.22 | 2.00 | - 1.78 |

[1] Đã hiệu chỉnh chuyển vị của dầm
[2] Bằng BP +COMP

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L - 4 | 2 | 17:27 | 11.03 | 3.70 | 0.00 | 0.24 | 0.23 | 2.21 | - 1.97 |
| L - 4 | 4 | 17:29 | 11.03 | 3.70 | 0.00 | 0.24 | 0.25 | 2.36 | - 2.12 |
| L - 4 | 8 | 17:33 | 11.03 | 3.70 | 0.10 | 0.24 | 0 35 | 2.48 | - 2.13 |
| L - 5 | 1 | 17:36 | 13.79 | 4.62. | 0.15 | 0.34 | 0 50 | 4.62 | - 4.12 |
| L - 5 | 2 | 17:37 | 13.79 | 4.62 | 0.17 | 0.36 | 0.52 | 5.00 | - 4.48 |
| L - 5 | 4 | 17:39 | 13.79 | 4.62 | 0.06 | 0.36 | 0.42 | 5.15 | - 4.74 |
| L - 5 | 8 | 17:43 | 13.79 | 4.62 | 0.06 | 0.36 | 0.42 | 5.35 | - 4.94 |
| L - 6 | 1 | 17:49 | 16.55 | 5.53 | 0.11 | 0.45 | 0.57 | 7.74 | -7.17 |
| L - 6 | 2 | 17:50 | 16.55 | 5.53 | 0.21 | 0.46 | 0.67 | 7.99 | - 7.32 |
| L - 6 | 4 | 17:52 | 16.55 | 5.53 | 0.12 | 0.46 | 0.59 | 8.27 | - 7.68 |
| L - 6 | 8 | 17:56 | 16.55 | 5.53 | 0.14 | 0.47 | 0.60 | 8.50 | - 7.90 |
| L - 7 | 1 | 20:25 | 19.31 | 6.45 | 0.35 | 0.58 | 0.92 | 11.83 | - 10.91 |
| L - 7 | 2 | 20:26 | 19.31 | 6.45 | 0.35 | 0.58 | 0.94 | 12.13 | - 11.20 |
| L - 7 | 4 | 20:28 | 19.31 | 6.45 | 0.35 | 0.59 | 0.94 | 12.43 | - 11.50 |
| L - 7 | 8 | 20:32 | 19.31 | 6.45 | 0.36 | 0.59 | 0.95 | 12.78 | - 11.83 |
| L - 8 | 1 | 20:36 | 22.06 | 7.36 | 0.41 | 0.69 | 1.11 | 16.07 | - 14.96 |
| L - 8 | 2 | 20:37 | 22.06 | 7.36 | 0.41 | 0.70 | 1.11 | 16.45 | - 15.34 |
| L - 8 | 4 | 20:39 | 22.06 | 7.36 | 0.42 | 0.71 | 1.13 | 16.93 | - 15.80 |
| L - 8 | 8 | 20:43 | 22.06 | 7.36 | 0.44 | 0.71 | 1.15 | 17.44 | - 16.29 |
| L - 9 | 1 | 20:48 | 24.82 | 8.28 | 0.50 | 0.82 | 1.33 | 21.53 | - 20.20 |
| L - 9 | 2 | 20:49 | 24.82 | 8.28 | 0.51 | 0.83 | 1.34 | 22.02 | - 20.58 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L - 9 | 4 | 20:51 | 24.82 | 8.28 | 0.52 | 0.84 | 1.35 | 22.52 | - 21.17 |
| L - 9 | 8 | 20:55 | 24.82 | 8.28 | 0.53 | 0.84 | 1.36 | 23.06 | -21.69 |
| L - 10 | 1 | 21:01 | 27.58 | 9.19 | 0.59 | 0.95 | 1.53 | 27.61 | -26.08 |
| L - 10 | 2 | 21:02 | 27.58 | 9 19 | 0.59 | 0.95 | 1.54 | 28.06 | -26.51 |
| L - 10 | 4 | 21:04 | 27.58 | 9.19 | 0.59 | 0.95 | 1.54 | 28.61 | -27.00 |
| L - 10 | 8 | 21:08 | 27.58 | 9.19 | 0.60 | 0.96 | 1.56 | 29.28 | -27.72 |
| L - 11 | 1 | 21:15 | 30.34 | 10.11 | 0.68 | 1.08 | 1.76 | 35.04 | -33.28 |
| L - 11 | 2 | 21:16 | 30.34 | 10.11 | 0.69 | 1 09 | 1.78 | 35.49 | -33.33 |
| L - 11 | 4 | 21:18 | 30.34 | 10.11 | 0.69 | 1.09 | 1.79 | 36.03 | -34.24 |
| L - 11 | 8 | 21:22 | 30.34 | 10.11 | 0.71 | 1.10 | 1.81 | 36.69 | 34.88 |
| L - 12 | 1 | 21:30 | 33.10 | 10.72 | 0.31 | 1.23 | 2.03 | 43.18 | - 41.14 |
| L - 12 | 2 | 21:31 | 33.10 | 11.02 | 0.82 | 1.23 | 2.05 | 43.63 | - 41.68 |
| L - 12 | 4 | 21:33 | 33.10 | 11.02 | 0.82 | 1.23 | 2.05 | 7 | - 42.02 |
| L - 12 | 8 | 21:37 | 33.10 | 11.02 | 0.92 | 1.23 | 2.16 | 21, ~ ,1 | - 42.58 |
| 1L - 13 | 1 | 21:49 | 35.85 | 11.93 | 0.95 | 1.38 | 2.33 | 52.49 | - 50.16 |
| 1L - 13 | 2 | 21:50 | 35.85 | 11.93 | 0.97 | 1.38 | 2.35 | 52.86 | - 50.51 |
| 1L - 13 | 4 | 21:52 | 35.85 | 11.93 | 0.97 | 1.39 | 2.36 | 53.86 | - 51.50 |
| 1L - 13 | 8 | 21:56 | 35.85 | 11.93 | 0.99 | 1.40 | 2.39 | 54.85 | -52.46 |
| 1L - 14 | 1 | 22:07 | 38.61 | 12.85 | 1.26 | 1 55 | 2.81 | 62.05 | - 59 24 |
| 1L - 14 | 2 | 22:08 | 38.61 | 12.85 | 1.27 | 1.56 | 2.83 | 62.62 | -59.79 |
| 1L - 14 | 4 | 22:10 | 38.51 | 12.85 | 1.28 | 1.56 | 2.84 | 6342 | - 60 58 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1L - 14 | 8 | 22:14 | 38.61 | 12.85 | 1.29 | 1.57 | 2.86 | 64.66 | - 61.81 |
| 1L - 15 | 1 | 22:25 | 41.37 | 13.76 | 1 45 | 1.71 | 3.16 | 72.12 | - 68.96 |
| 1L - 15 | 2 | 22:26 | 41.37 | 13.76 | 1.46 | 1.71 | 3.17 | 72.75 | - 69.58 |
| 1L - 15 | 4 | 22:28 | 41.37 | 13.76 | 1.47 | 172 | 3.19 | 73.74 | - 70 55 |
| 1L - 15 | 8 | 22:32 | 41.37 | 13.76 | 1.50 | 1.73 | 3.22 | 75.12 | -71 90 |
| 1L - 16 | 1 | 22:43 | 44.13 | 14.68 | 1.68 | 1.86 | 3.55 | 83.01 | -79 9,46 |
| 1L - 16 | 2 | 22:44 | 44.13 | 14.68 | 1.69 | 1 87 | 3.57 | 83.67 | - 80.10 |
| 1L - 16 | 4 | 22:46 | 44.13 | 14.68 | 1.73 | 1.88 | 3.61 | 84.61 | - 81.01 |
| 1L - 16 | 8 | 22:50 | 44.13 | 14.68 | 1.77 | 1.89 | 3.66 | 86.15 | - 82.48 |
| 1U - 1 | 1 | 22:53 | 33.10 | 11.02 | 1.67 | 1.71 | 3.39 | 86.11 | - 82.72 |
| 1U - 1 | 2 | 22:54 | 33.10 | 11.02 | 1.67 | 1 72 | 3.39 | 86.08 | - 82.70 |
| 1U - 1 | 4 | 22:56 | 33.10 | 11.02 | 1.67 | 1.72 | 3.39 | 86.08 | - 82.69 |
| 1U - 2 | 1 | 22:59 | 22.06 | 7.36 | 1.51 | 1.38 | 2.89 | 85.10 | - 82.21 |
| 1U - 2 | 2 | 23:00 | 22.06 | 7.36 | 1.49 | 1.37 | 2.86 | 85.01 | - 82.15 |
| 1U - 2 | 4 | 23:02 | 22.06 | 7.36 | 1.49 | 1.36 | 2.85 | 84.98 | - 82 13 |
| 1U - 3 | 1 | 23:06 | 11.03 | 3.70 | 1.27 | 0.98 | 2.25 | 82.40 | - 80 15 |
| 1U - 3 | 2 | 23:07 | 11.03 | 3.70 | 1.26 | 0.98 | 2.24 | 82.37 | - 80 13 |
| 1U - 3 | 4 | 23:09 | 11.03 | 3.70 | 1.26 | 0.98 | 2.24 | 82.35 | - 80.11 |
| 1U - 4 | 1 | 23:16 | 2.76 | 0.96 | 1.03 | 0.64 | 1.67 | 78.50 | - 76.83 |
| 1U - 4 | 2 | 23:17 | 2.76 | 0.96 | 1.02 | 0.64 | 1.66 | 78.46 | - 76.80 |
| 1U - 4 | 4 | 23:19 | 2.76 | 0.96 | 1.01 | 0.64 | 1.65 | 78.44 | - 76.78 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2L - 1 | 1 | 23:21 | 8.27 | 2.79 | 1.05 | 0.69 | 1.74 | 78.54 | -76.81 |
| 2L - 1 | 2 | 23:22 | 3.27 | 2.79 | 1.05 | 0.69 | 1.74 | 78.56 | - 76.82 |
| 2L - 1 | 4 | 23:24 | 8.27 | 2.79 | 1.05 | 0.69 | 1.74 | 78.57 | -76.83 |
| 2L - 1 | 8 | 23:28 | 8.27 | 2.79 | 1.05 | 0.69 | 1.74 | 78 58 | - 76.83 |
| 2L - 2 | 1 | 23:33 | 16.55 | 5.53 | 1 15 | 0.90 | 2.05 | 79.77 | - 77.71 |
| 2L - 2 | 2 | 23:34 | 16.55 | 5.53 | 1.15 | 0.90 | 2.06 | 79.80 | - 77.74 |
| 2L - 2 | 4 | 23:36 | 16.55 | 5.53 | 1.16 | 0.90 | 2.06 | 79.82 | - 77.76 |
| 2L - 2 | 8 | 23:40 | 16.55 | 5.53 | 1.15 | 0.90 | 2.06 | 79.83 | - 77.77 |
| 2L - 3 | 1 | 23:11 | 21.82 | 8.28 | 1.28 | 1.18 | 2.46 | 81.95 | - 79.49 |
| 2L - 3 | 2 | 23:45 | 24.82 | 8.28 | 1.28 | 1.18 | 2.46 | 82.14 | - 79.68 |
| 2L - 3 | 4 | 23:47 | 24.82 | 8.28 | 1.28 | 1.18 | 2.46 | 82.16 | 79.70 |
| 2L - 3 | 8 | 23:51 | 24.82 | 8.28 | 1.30 | 1.18 | 2.48 | 82.19 | - 79.71 |
| 2L - 4 | 1 | 23:57 | 33.10 | 11.02 | 1.48 | 1.47 | 2.95 | 8463 | - 81.68 |
| 2L - 4 | 2 | 23:58 | 33.10 | 11.02 | 1.48 | 1.47 | 2.95 | 84.69 | - 81.74 |
| 2L - 4 | 4 | 0:00 | 33.10 | 11.02 | 1.48 | 1.47 | 2.95 | 34.76 | - 81.81 |
| 2L - 4 | 8 | 0:04 | 33 10 | 11.02 | 1.49 | 1.47 | 2.96 | 84.86 | - 81.90 |
| 2U - 1 | 1 | 0:06 | 24.32 | 8.28 | 1.42 | 135 | 2.78 | 84.69 | - 81.92 |
| 2U - 1 | 2 | 0:07 | 24.82 | 8.28 | 1.42 | 1.35 | 2.78 | 84.59 | - 81.19 |
| 2U - 1 | 4 | 0:09 | 24.82 | 8.28 | 1.42 | 1.35 | 2.78 | 84.68 | - 81.91 |
| 2U - 2 | 1 | 0:12 | 16.55 | 5.53 | 1.31 | 1.12 | 2.43 | 84.14 | - 81.71 |
| 2U - 2 | 2 | 0:13 | 16.55 | 5.53 | 1.31 | 1.12 | 2.43 | 84.11 | - 81.68 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2U - 2 | 4 | 0:15 | 16.55 | 5.53 | 1.30 | 1.12 | 2.42 | 84.08 | - 81.66 |
| 2U - 3 | 1 | 0:19 | 8.27 | 2.79 | 1.13 | 0.83 | 1.96 | 81.92 | - 79.97 |
| 2U - 3 | 2 | 0:20 | 8.27 | 2.79 | 1.13 | 0.83 | 1.96 | 81.91 | - 79.96 |
| 2U - 3 | 4 | 0:22 | 8.27 | 2.79 | 1.13 | 0.83 | 1.96 | 81.90 | - 79.94 |
| 2U - 4 | 1 | 0:27 | 0.30 | 0.00 | 0.95 | 0.55 | 1.50 | 77.32 | - 75.82 |
| 2U - 4 | 2 | 0:28 | 0.00 | 0.00 | 1.09 | 0.55 | 1.64 | 77.22 | - 75.58 |
| 2U - 4 | 4 | 0:30 | 0.00 | 0.00 | 0.94 | 0.54 | 1.48 | 77.22 | - 75.64 |
| 1L - 0 | - | 16:28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1L - 1 | 1 | 16:52 | 3.45 | 1.75 | 0.11 | 0.03 | 0.15 | 0.44 | - 0.3 |
| L - 1 | 2 | 16:53 | 3.45 | 1.75 | 0.12 | 0.03 | 0.16 | 0.44 | - 0.29 |
| 1L - 1 | 4 | 16:55 | 3.45 | 1.75 | 0.12 | 0.03 | 0.15 | 0.45 | - 0.29 |
| 1L - 1 | 8 | 16:59 | 3.45 | 1.75 | 0.13 | 0.04 | 0.17 | 0.45 | - 0.28 |
| 1L - 2 | 1 | 17:03 | 6.89 | 3.38 | 0.18 | 0.07 | 0.25 | 0.89 | - 0.64 |
| 1L - 2 | 2 | 17:04 | 6.89 | 3.38 | 0.17 | 0.09 | 0.26 | 0.99 | - 0.73 |
| 1L - 2 | 4 | 17:06 | 6.89 | 3.38 | 0.18 | 0.09 | 0.27 | 1.00 | - 0.74 |
| 1L - 2 | 8 | 17:10 | 6.89 | 3.38 | 0.19 | 0.09 | 0.28 | 1.02 | - 0.74 |
| 1L - 3 | 1 | 17:18 | 10.34 | 5.00 | 0.28 | 0.27 | 0.55 | 4.96 | - 4.41 |
| 1L - 3 | 2 | 17:19 | 10.34 | 5.00 | 0.27 | 0.27 | 0.54 | 4.89 | - 4.35 |
| 1L - 3 | 4 | 17:21 | 10.34 | 5.00 | 0.29 | 0.28 | 0.57 | 5.52 | - 4.95 |
| 1L - 3 | 8 | 17:25 | 10.34 | 5.00 | 0.30 | 0.28 | 0.58 | 5.98 | - 5.40 |
| 1L - 4 | 1 | 17:30 | 13.79 | 6.62 | 0.38 | 0.43 | 0.80 | 9.55 | - 8.74 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1L - 4 | 2 | 17:31 | 13.79 | 6.62 | 0.40 | 0.43 | 0.83 | 9 98 | - 9.15 |
| 1L - 4 | 4 | 17:33 | 13.79 | 6.62 | 0.39 | 0.44 | 0.83 | 10.45 | - 9.63 |
| 1L - 4 | 8 | 17:37 | 13.79 | 6.62 | 0.39 | 0.45 | 0.84 | 11.30 | - 10.46 |
| 1L - 5 | 1 | 17:44 | 17.24 | 8.25 | 0.49 | 0.62 | 1.11 | 15.34 | - 14.23 |
| 1L - 5 | 2 | 17:45 | 17.24 | 8.25 | 0.49 | 0.62 | 1.11 | 15.57 | - 14.46 |
| 1L - 5 | 4 | 17:47 | 17.24 | 8.25 | 0.49 | 0.62 | 1.11 | 16.09 | - 14.97 |
| 1L - 5 | 8 | 17:51 | 17.24 | 8.25 | 0.50 | 0.53 | 1.13 | 16.78 | - 15.64 |
| 1L - 6 | 1 | 17:57 | 20.68 | 9.87 | 0.61 | 0.82 | 1.42 | 19.71 | - 18.29 |
| 1L - 6 | 2 | 17:58 | 20.68 | 9.87 | 0.63 | 0.83 | 1.46 | 20.79 | - 19.33 |
| 1L - 6 | 4 | 18:00 | 20.68 | 9.87 | 0.64 | 0.84 | 1.48 | 21.29 | - 19.81 |
| 1L - 6 | 8 | 18;04 | 20.68 | 9.87 | 0.65 | 0.84 | 1.49 | 21.97 | - 20.48 |
| 1L - 7 | 1 | 18:11 | 24.13 | 11.50 | 0,80 | 1.03 | 1.83 | 25.73 | - 23.90 |
| 1L - 7 | 2 | 18:12 | 24.13 | 11.50 | 0 81 | 1.04 | 1.85 | 25.93 | - 24.08 |
| 1L - 7 | 4 | 18:14 | 24.13 | 11.50 | 0.83 | 1.04 | 1.87 | 26.49 | - 24.62 |
| 1L - 7 | 8 | 18:18 | 24.13 | 11.50 | 0.85 | 1.05 | 1.90 | 27.21 | - 25.31 |
| 1L - 8 | 1 | 18:23 | 27 58 | 13.12 | 1.02 | 1.27 | 2.29 | 31.08 | - 28.79 |
| 1L - 8 | 2 | 18:24 | 27.58 | 13.12 | 1.04 | 1.28 | 2.32 | 31.49 | - 29.17 |
| 1L - 8 | 4 | 18:26 | 27.58 | 13.12 | 1.04 | 1.28 | 2.32 | 31.99 | - 29.67 |
| 1L - 8 | 8 | 18:30 | 27.58 | 13.12 | 1.05 | 1.28 | 2.33 | 32.72 | - 30.39 |
| 1L - 9 | 1 | 18:36 | 31.03 | 14.74 | 1.20 | 1.50 | 2.70 | 36.7 | - 31.05 |
| 1L - 9 | 2 | 18:37 | 31.03 | 14.74 | 1.21 | 1.50 | 2.72 | 37.11 | - 34.39 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1L - 9 | 4 | 18:39 | 31.03 | 14.74 | 1.22 | 1.51 | 2.73 | 37.38 | - 34.94 |
| 1L - 9 | 8 | 18:43 | 31.03 | 14.71 | 1.24 | 1.51 | 2.76 | 38.39 | - 35.63 |
| 1L - 10 | 1 | 18:50 | 34.47 | 16.37 | 1.46 | 1.76 | 3.21 | 12.87 | - 39.65 |
| 1L - 10 | 2 | 18:51 | 34.47 | 16.37 | 1.13 | 1.76 | 3.24 | 43.28 | - 40.04 |
| 1L -10 | 4 | 18:53 | 34.17 | 16.37 | 1.50 | 1.77 | 3.26 | 13.84 | - 40.67 |
| 1L -10 | 8 | 18:57 | 31.41 | 16.37 | 1.51 | 1.17 | 3.28 | 15.5 | - 41.27 |
| 1L - 11 | 1 | 19:06 | 37.92 | 17.99 | 1.13 | 2.01 | 3.77 | 49.3 | - 45.55 |
| 1L - 11 | 2 | 19:07 | 37.92 | 17.99 | 1.73 | 2.02 | 3.80 | 49.72 | - 45.92 |
| 1L -11 | 4 | 19:09 | 37.92 | 17.99 | 1.80 | 2.03 | 3.84 | 50.32 | - 46.49 |
| 1L - 11 | 8 | 19:13 | 37 92 | 17.99 | 1.83 | 2.04 | 3.87 | 51.05 | - 47.18 |
| 1L - 12 | 1 | 19:19 | 41. 37 | 19.61 | 2.21 | 2.31 | 4.52 | 55.88 | - 51.36 |
| 1L - 12 | 2 | 19:20 | 41.37 | 19.61 | 2.26 | 2.33 | 4.58 | 56.46 | - 51.38 |
| 1L - 12 | 4 | 19:22 | 41.37 | 19.61 | 2.32 | 2.35 | 4.68 | 57.32 | - 52 54 |
| 1L - 12 | 8 | 19:26 | 41.37 | 19.61 | 2.36 | 2.35 | 4.71 | 58.15 | - 53.43 |
| 1L - 13 | 1 | 19:45 | 44.82 | 21.24 | 3.88 | 2.66 | 6.54 | 65.58 | - 59 05 |
| 1L - 13 | 2 | 19:46 | 44.82 | 21.24 | 3.94 | 2.69 | 6.62 | 66.01 | - 59 38 |
| 1L - 13 | 4 | 19:48 | 44.82 | 21.24 | 3.98 | 2.69 | 6.66 | 66.44 | - 59.7 8 |
| 1L - 13 | 8 | 1:.52 | 44.82 | 21.24 | 4.02 | 2.69 | 6.71 | 67.11 | - 60.40 |
| 1U - 1 | 1 | 19:55 | 35.85 | 17.02 | 3.97 | 2.63 | 6.60 | 67.27 | - 60.66 |
| 1U - 1 | 2 | 19:56 | 35 85 | 17.02 | 3.97 | 2.63 | 6.59 | 67.26 | - 60.66 |
| 1U - 1 | 4 | 19:58 | 35.85 | 17.02 | 3.96 | 2.62 | 6.59 | 67.25 | - 60.66 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1U - 2 | 1 | 20:00 | 26.89 | 12.79 | 3.83 | 2.35 | 6.18 | 66.76 | - 60.58 |
| 1U - 2 | 2 | 20:01 | 26.89 | 12.79 | 3.82 | 2.35 | 6.17 | 66.75 | - 60.57 |
| 1U - 2 | 4 | 20:03 | 26.89 | 12.79 | 3.81 | 2.35 | 6.16 | 66.74 | - 60.58 |
| 1U - 3 | 1 | 20:05 | 17.93 | 8.57 | 3.63 | 1.95 | 5.58 | 65.58 | - 60.00 |
| 1U - 3 | 2 | 20:06 | 17.93 | 8.57 | 3.61 | 1.95 | 5.57 | 65.55 | - 59.99 |
| 1U - 3 | 4 | 20:08 | 17.93 | 8.57 | 3.61 | 1.95 | 5.56 | 65.54 | - 59.98 |
| 1U - 4 | 1 | 20:11 | 8.96 | 4.35 | 3.31 | 1.49 | 4.80 | 63.15 | -58.34 |
| 1U - 4 | 2 | 20:12 | 8.96 | 4.35 | 3.30 | 1.47 | 4.77 | 63.02 | - 58.25 |
| 1U - 4 | 4 | 20:14 | 8.96 | 4.35 | 3.30 | 1.47 | 4.77 | 63.00 | - 58.22 |
| 1U - 5 | 1 | 20:19 | 3.45 | 1.75 | 3.04 | 1.12 | 4.16 | 60.66 | - 56.50 |
| 1U - 5 | 2 | 20:20 | 3.45 | 1.75 | 3.03 | 1.12 | 4.15 | 60.61 | - 56.46 |
| 1U - 5 | 4 | 20:22 | 3.45 | 1.75 | 3.03 | 1.12 | 4.15 | 60.58 | - 56.43 |
| 2L - 1 | 1 | 20:25 | 6.21 | 3.05 | 3.05 | 1.12 | 4.16 | 60.56 | - 56.40 |
| 2L - 1 | 2 | 20:26 | 6.21 | 3.05 | 3.04 | 1.12 | 4.16 | 60.56 | - 56.40 |
| 2L - 1 | 4 | 20:28 | 6.21 | 3.05 | 3.05 | 1.12 | 4.16 | 60.56 | - 56.40 |
| 2L - 1 | 8 | 20:32 | 6.21 | 3.05 | 3.05 | 1.12 | 4.17 | 60,56 | - 56.39 |
| 2L - 2 | 1 | 20:35 | 12.41 | 5.97 | 3.11 | 1.19 | 4.30 | 60.83 | - 56.54 |
| 2L - 2 | 2 | 20:36 | 12.41 | 5.97 | 3.11 | 1.19 | 4.30 | 60.85 | - 56.55 |
| 2L - 2 | 4 | 20:38 | 12.41 | 5.97 | 3.01 | 1.18 | 4.20 | 60.84 | - 56.64 |
| 2L - 2 | 8 | 20:42 | 12.41 | 5.97 | 3.14 | 1.21 | 4.35 | 60.86 | - 56.51 |
| 2L - 3 | 1 | 20:45 | 18.62 | 8.90 | 3.23 | 1.41 | 4.65 | 51.61 | - 56.96 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2L - 3 | 2 | 20:46 | 18.62 | 8.90 | 3.23 | 1.42 | 4.65 | 61.68 | - 57.03 |
| 2L - 3 | 4 | 20:48 | 18.62 | 8.90 | 3.24 | 1.43 | 4.67 | 61.75 | - 57.08 |
| 2L - 3 | 8 | 20:52 | 18.62 | 8.90 | 3.25 | 1.43 | 4.68 | 61.77 | - 57.09 |
| 2L - 4 | 1 | 20:55 | 24.82 | 11.82 | 3.38 | 1,68 | 5.06 | 63.00 | - 57.94 |
| 2L - 4 | 2 | 20:56 | 24.82 | 11.82 | 3.38 | 1.69 | 5.08 | 63.10 | - 58.02 |
| 2L - 4 | 4 | 20:58 | 24.82 | 11.82 | 3.39 | 1.69 | 5.09 | 63.14 | - 58.05 |
| 2L - 4 | 8 | 21:02 | 24.82 | 11.82 | 3.40 | 1.70 | 5.09 | 61.19 | - 58.10 |
| 2L - 1 | 1 | 21:03 | 18.62 | 8.90 | 3.34 | 1.67 | 5.02 | 63.15 | - 58.12 |
| 2L - 1 | 2 | 21:04 | 18,52 | 8 90 | 3.35 | 1.68 | 5.03 | 63.15 | - 58.12 |
| 2L - 1 | 4 | 21:06 | 18.52 | 8.90 | 3.35 | 1.68 | 5.02 | 63.15 | - 58.12 |
| 2U - 2 | 1 | 21:08 | 12.41 | 5.97 | 3.28 | 1.51 | 4.79 | 62.74 | - 57.95 |
| 2U - 2 | 2 | 21:09 | 12.41 | 5.97 | 3.28 | 1.51 | 4.79 | 62.73 | - 57.94 |
| 2U - 2 | 4 | 21:11 | 12.41 | 5.97 | 3.28 | 1.51 | 4.79 | 62.72 | - 57.94 |
| 2U - 3 | 1 | 21:13 | 6.21 | 3.05 | 3.16 | 1.25 | 4.41 | 61.52 | - 57.11 |
| 2U - 3 | 2 | 21:14 | 6.21 | 3.05 | 3.15 | 1.25 | 4.40 | 61.51 | - 57.11 |
| 2U - 3 | 4 | 21:15 | 6.21 | 3.05 | 3.16 | 1.25 | 4.40 | 61.51 | - 57.11 |
| 2U - 4 | 1 | 21:20 | 0.00 | 0.00 | 2.98 | 0.92 | 3.90 | 58.53 | - 54.63 |
| 2U - 4 | 2 | 21:21 | 0.30 | 0.00 | 2.97 | 0.92 | 3.39 | 58.43 | - 54.54 |
| 2U - 4 | 4 | 21:23 | 0.00 | 0.00 | 2.96 | 0.91 | 3.87 | 53.32 | - 54.45 |

# BÁO CÁO VỀ THỬ TẢI CỌC BARRETTE THEO PHƯƠNG PHÁP OSTERBERG, CỌC BARRETTE 13 – 27 LÁNG HẠ, ĐỐNG ĐA HÀ NỘI, VIỆT NAM

**Báo cáo cho:** Trung tâm Công nghệ và Xây dựng nền móng.
Số 55 Đường Giải phóng, Hà Nội, Việt Nam.

**Gửi :** Ông Vũ Công Ngữ
Ông Nguyễn Thái

Số hiệu dự án : LT-2216-2, ngày 18 tháng 12 năm 2002.

Báo cáo số liệu : Cọc barrette 13-27 Láng Hạ, Đống Đa, Hà Nội.

***Thưa các ông,***

Công ty trách nhiệm hữu hạn LOADTEST Asia xin hân hạnh trình bản báo cáo thử tải trọng bằng hộp Osterberg của cọc barrette 13- 27 Láng hạ, Đống Đa (Dự án LTI : Lt-2216-2) cho Trung tâm Công nghệ và Xây dựng nền móng. Ông Khoo Han Sen và ông Chan Chen Minh của Công ty LOADTEST Asia đã tiến hành thí nghiệm ngày 06/12/2002. Các đại diện của Trung tâm Công nghệ và Xây dựng nền móng, Tư vấn thiết kế, chủ đầu tư (Công ty Xây dựng số 5), đại diện chủ đầu tư (Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng) đã theo dõi thi công cọc barrette cũng như thử tải Osterberg.

Công ty trách nhiệm hữu hạn Bachy Soletanche Việt nam đã đào cọc barrette thí nghiệm ngày 23/11/2002 và thực hiện làm sạch hố đào, lắp đặt khung cốt thép và điều chỉnh trong cùng ngày. Việc tổ hợp và lắp đặt hộp O-Cell và thiết bị đã được thực hiện dưới sự chỉ đạo của ông Jon Sinnreich và ông Keith Fickling của Công ty LOADTEST Asia. Cọc barrette thí nghiệm 2800 ×1500 mm được thi công ướt trong bentonite và cao trình mũi cọc tại – 45,60 m. Tổ hợp O-Cell (hai hộp 660-mm) được đặt tại vị trí cao hơn mũi cọc 3,70 m. Không có vấn đề bất bình thường nào xảy ra khi thi công cọc này. Các cán bộ của Trung tâm Công nghệ và xây dựng nền móng, tư vấn và thiết kế của Công ty xây dựng Hà Nội đã theo dõi việc thi công cọc.

Cấu tạo địa tầng đất nền tại vị trí cọc thử được báo cáo bao gồm đất dính nằm trên cát và cuội sỏi. Phụ lục F nêu mặt cắt lỗ khoan gần cọc thử. Các thông tin địa chất chi tiết hơn có thể xem tại Trung tâm công nghệ và xây dựng nền móng.

**1. Các phần chính của báo cáo bao gồm:**

- Tổng hợp kích thước, cao trình và các đặc trưng của cọc barrette, Bảng A.
- Sơ đồ cọc barrette thí nghiệm, Hình A.
- Các đường cong chuyển vị-tải trọng hộp Osterberg, Hình 1.
- Đường cong tải trọng đầu cọc tương đương, các hình 2A&2B.
- Đường cong ma sát bên đơn vị Net, Hình 3.
- Phối hợp sức chống mũi và giới hạn dão ma sát bên phần dưới hộp O-Cell, Hình 4.

- Giới hạn dão ma sát bên phần trên hộp O-Cell, Hình 5.
- Số liệu hiện trường &Số liệu đã chiết giảm, Phụ lục A.
- Các chứng nhận kiểm định của hộp O-Cell và thiết bị, Phụ lục B.
- Xây dựng đường cong chuyển vị - tải trọng đầu cọc tương đương, Phụ lục C.
- Phương pháp O-Cell để xác định Tải trọng giới hạn dão, Phụ lục D.
- Vẽ đường cong hyperbolic, Phụ lục E.
- Mặt cắt địa chất và các kết quả cường độ lập phương, Phụ lục F.
- Quan trắc dầm theo dõi, Phụ lục G.
- Trình tự phun vữa sau thí nghiệm, Phụ lục H.

**2. Thiết bị và số liệu đo đạc**

Thiết bị thí nghiệm O-Cell tiêu chuẩn bao gồm bốn thanh đo bản đáy tại tổ hợp O-Cell và gắn các đầu đo chuyển vị dây rung tuyến tính (LVWDT - loại Geokon 4450) tại đầu cọc để đo sự mở rộng giữa các bản trên và dưới của tổ hợp O-Cell Các bảng 3&4). Độ nén của cọc barrette bên trên tổ hợp O-Cell được đo bằng bốn thanh đo kéo dài đến trên đầu cọc thử. Các chuyển vị của thanh đo được quan trắc bằng các đầu đo chuyển vị điện thế tuyến tính (LVDT - loại RDP) tại đầu cọc thử (Các bảng 1&2). Hai đầu đo chuyển vị điện thế tuyến tính được gắn vào dầm theo dõi để quan trắc chuyển vị đầu cọc barrette.

Dầm theo dõi bao gồm một dầm chữ H dài 12 m có các gối đỡ cao hơn mặt đất khoảng 0,5 m, có trục bên trên cọc thử. Dầm được che chắn hoàn toàn trong thời gian thí nghiệm. Một máy cao đạc số Leica NA 2002 quan trắc dầm theo dõi về chuyển vị trong quá trình thí nghiệm từ một khoảng cách khoảng 10 m với độ chính xác ± 0,1 mm (Phụ lục G). Chuyển vị lên/xuống lớn nhất 0,1 mm đã theo dõi được đối với dầm theo dõi. Chuyển vị đầu cọc đã được hiệu chỉnh theo chuyển vị của hệ thống theo dõi (Các bảng 5&6).

Thi công cọc barrette bao gồm đặt hai đường ống sắt mạ kẽm bắt đầu từ đầu cọc barrette và kết thúc tại đỉnh bản đáy để thông với lỗ trống hình thành trong cọc barrette tại đáy của hộp O-Cell. Chúng cũng cung cấp đường dẫn cho mọi công tác phun vữa sau cùng để lấp đầy lỗ trống sau khi kết thúc thí nghiệm, như đã mô tả trong Phụ lục H.

Các hộp Osterberg đã được kiểm định đến 13,70 MN và sau đó được nhà sản xuất hàn chặt trước khi vận chuyển đi (Phụ lục B). Đầu đo áp lực Bourdon và đầu đo áp lực dây rung đã được dùng để đo áp lực đặt vào hộp O-Cell tại từng cấp tải trọng. Đầu đo áp lực Bourdon đã được dùng để thao tác bơm và phân tích số liệu. Các số đọc của đầu đo được dùng để vẽ đồ thị tức thời và cũng để kiểm tra đầu đo Bourdon. Đã có sự phù hợp chặt chẽ giữa đầu đo Bourdon và đầu đo áp lực.

*Chú ý*: Các tải trọng do hộp O-Cell đặt vào tác động theo hai hướng ngược nhau, được chống đỡ bởi khả năng chịu tải của phần bên trên và bên dưới của cọc barrette. Về lý thuyết hộp O-Cell không gây tải trọng nâng lên phụ thêm cho đến khi lực mở rộng vượt quá trọng lượng đẩy nổi của cọc barrette bên trên hộp O-Cell. Do đó tải trọng net ,được định nghĩa như tải trọng toàn bộ của hộp O-Cell trừ đi trọng lượng đẩy nổi của phần trên cọc barrette, được dùng để xác định sức

kháng ma sát bên của phần cọc barrette bên trên và để xây dựng đường cong tải trọng đầu cọc tương đương. Trong thí nghiệm này đã tính được trọng lượng đẩy nổi của cọc barrette phần bên trên hộp O-Cell là 2,07 MN.

Thí nghiệm đã được bắt đầu bằng tăng áp cho hộp O-Cell để phá vỡ các mối hàn chấm giữ các hộp đóng kín (để vận chuyển và thi công cọc barrette) và để tạo ra một mặt phẳng chia cắt trong bê tông chung quanh đáy của các hộp O-Cell. Sau khi đã xả ra phá vỡ, áp lực được giảm ngay lập tức và thí nghiệm bắt đầu . Lấy các số đọc không cho tất cả thiết bị trước chu kỳ chất tải-dỡ tải để phá vỡ các mối hàn ban đầu, trong trường hợp này đã dùng áp lực lớn nhất là 5,5 Mpa (800 psi) đối với các hộp O-Cell.

**3. Trình tự thí nghiệm**

Thí nghiệm thử tải hộp Osterberg đã được thực hiện như sau : hai hộp O-Cell đường kính 660-mm có đáy đặt tại vị trí cao hơn đáy cọc barrette khoảng 3,70 m, được tăng áp lực để đánh giá các đặc trưng phối hợp sức chống mũi và ma sát bên phần dưới của đoạn cọc barrette bên dưới các hộp O-Cell và ma sát bên phần bên trên. Các hộp O-Cell được tăng áp lực theo 13 cấp tải đều nhau đến 44,82 Mpa (6500psi) gây ra một tải trọng tổng cộng hai hướng của các hộp O-Cell là 21,24 MN. Việc chất tải được dừng lại sau cấp tải 1L-13 và hộp O-Cell khi đó được giảm áp lực trong năm cấp tải. Sau đó hộp O-Cell được tái tăng tải trong bốn cấp tải trọng đến tải trọng O-Cell tổng cộng là 11,82 MN hướng lên và hướng xuống tại 2L-4 nhằm trình diễn không có điểm yếu nào của cọc barrette xảy ra do kết quả của việc thử tải. Khi đó hộp O-Cell được dỡ tải theo bốn cấp tải trọng và các thí nghiệm đã kết thúc.

*Các sự cố sau đây cần được lưu ý:*

- Lúc 19h27 tại cấp tải 1-L12 ( tải trọng O-Cell 19,61 MN tại 6.000 psi). Từ 19h28 đến 19h36 cán bộ của LOADTEST tăng áp lực đến cấp tải 1-L13 (6.500 psi). Lúc 19h36 áp lực là 6474 psi. Sức kháng bên của cọc barrette bắt đầu có hiện tượng ứng xử không tuyến tính (đầu cọc chuyển dịch từ 2,2 mm tại 1-L12 đến 3,3 mm). Ông Khoo Han Sen của LOADTEST đã giảm áp lực một chút xuống 6.031 psi (lúc 19h43) và hỏi ông Nguyễn Thái (cán bộ Trung tâm Công nghệ và xây dựng nền móng), Tư vấn ( Tư vấn và Thiết kế cho Công ty Xây dựng Hà nội) và đại diện của chủ đầu tư xem có muốn tăng tải và giữ ở cấp tải 1-L13 không. Sau khi thảo luận họ đã yêu cầu LOADTEST tăng đến 1-L13 và giữ trong 8 phút. Lúc 19h52 (kết thúc cấp tải 1-L13 với tải trọng tổng cộng của hộp O-Cell là 21,24 MN) bắt đầu quá trình dỡ tải.

- Cũng cần lưu ý rằng trong quá trình thử tải, đã có một vài số liệu giả ("không đúng") trong một vài số đọc của các thiết bị dây rung do nguồn điện không ổn định. Tuy nhiên các số liệu không đúng này không ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm hoặc các số đọc của các thiết bị khác theo bất cứ cách nào. Số đọc của mọi thiết bị đã được lấy từng phút một nên một vài số liệu không đúng dễ dàng loại ra được.

Các gia số tải trọng đã được lấy theo Phương pháp thử tải nhanh cho các cọc Barrette đơn (ASTM D1143 Phương pháp thử tiêu chuẩn cho cọc chịu tải trong tĩnh dọc trục). Mỗi cấp tải trọng thành công được giữ không đổi trong 8 phút bằng cách điều chỉnh bằng tay áp lực của hộp O-Cell. Đầu thu số liệu tự động ghi lại các số đọc thiết bị sau mỗi 60 giây, nhưng ở đây chỉ báo cáo các số đọc 1,2,4 và 8 phút trong mỗi gia số của tải trọng đã được duy trì.

**6. Thảo luận về kết quả**

*a) Phối hợp sức chống mũi và ma sát bên phần dưới*

Tải trọng hướng xuống lớn nhất đặt vào là 21,2 MN đã xảy ra vào cấp tải trọng 1L-13 ( Bảng 6,Hình 1). Tại tải trọng đó, chuyển vị hướng xuống trung bình của đáy hộp O-Cell là 60,6 mm. Sức kháng ma sát bên của đoạn 3,70 m cọc barrette phía dưới hộp O-Cell tính được bằng 2,03 MN khi giả thiết giá trị ma sát bên đơn vị là 64 kPa ( khả năng ma sát đơn vị trung bình bên trên hộp O-Cell tại tải trọng đặt lớn nhất) và kích thước danh định cọc barrette là 2800×1500 mm. Tải trọng đặt vào lớn nhất tại sức chống mũi khi đó là 19,2 MN và sức chống mũi đơn vị tại đáy của cọc barrette tính được sẽ là 4,570 kPa tại chuyển vị như đã nói ở trên.

Kiến nghị hợp lý hơn về phân bố ma sát đoạn 3,7 m barrette bên dưới hộp O-Cell có thể tìm được từ đường cong chuyển vị-tải trọng hướng xuống mà chỉ ra sự chuyển tiếp từ ma sát thuần tuý (của đoạn 3,7 m barrette bên dưới hộp O-Cell) sang sức chống mũi tại tải trọng khoảng 3,8-5,0 MN (ma sát đơn vị của đoạn 3,7 m bên dưới là 120 – 157 kPa). Khi đó tính được tải trọng mũi đơn vị kiến nghị sẽ là 4,140 – 3,860 kPa ứng với chuyển vị đi xuống 60,6 mm.

*b) Ma sát bên phần trên*

Tải trọng đặtNet đi lên lớn nhất là 19,2 MN xảy ra tại cấp tải trọng 1L-13 ( Bảng 6, Hình 1). Tại tải trọng này, chuyển vị đi lên của đỉnh hộp O-Cell là 6,5 mm. Giả thiết kích thước danh định của cọc barrette là 2800×1500 mm, khả năng ma sát bên đơn vị trung bình của đoạn 35,00 m cọc barrette phía trên hộp O-Cell sẽ tính được là 64 kPa.

Ngoại suy hyperbolic trong Phụ lục E kiến nghị ma sát bên phần trên vào khoảng 24,5 MN (26,6 MN trừ đi 2,07 MN đẩy nổi) và kiến nghị hiện tượng dão đáng kể đã xảy ra tại 22,2 MN (24,3 MN trừ đi 2,07 MN đẩy nổi , ứng với chuyển vị 15 mm).Khả năng ma sát đơn vị tới hạn trung bình của đoạn cọc barrette 35,0 m bên trên hộp O-Cell khi đó tính được nằm giữa 73,8 và 81,4 kPa.

*c) Tính toán độ cứng cọc barrette*

Cường độ nén không hạn chế của bê tông 11 ngày được báo cáo là 37,7 Mpa (cường độ lập phương). Công thức ACI ($Ec = 5.7000 \times f_c^{1/2}$) đã được dùng để tính mô đun đàn hồi của bê tông (dùng cường độ bê tông cho lăng trụ 6×12 tương đương theo psi). Kết hợp với diện tích thép cốt và kích thước cọc barrette danh định sẽ tính được độ cứng cọc barrette trung bình (AE) là 112.000 MN.

*d) Giới hạn dão*

Xem Phụ lục D về phương pháp Osterberg của chúng tôi để xác định tải trọng giới hạn dão. Đã định nghĩa giới hạn dão khoảng 4,5 MN cho số liệu dão phối hợp sức chống mũi và ma sát bên phần dưới tại chuyển vị khoảng 4,0 mm (Hình 4). Số liệu dão ma sát bên phần trên có thể chỉ ra một giới hạn dão tiềm năng vào khoảng 21,0 MN tại chuyển vị 6,0 mm (Hình 5). Việc xác định này dựa nhiều hơn trên chuyển vị tuyệt đối của cọc (xem đồng thời với đường cong ma sát bên đơn vịNet trung bình trên Hình 3) và độ dão thực tế thấp có thể do giữ tải trọng trước khi đạt đến 1L-13 còn ngắn (xem phần Trình tự thí nghiệm). Đầu cọc barrette chịu tải sẽ không bắt đầu dão đáng kể cho đến khi cả hai thành phần bắt đầu chuyển vị dão. Điều đó xảy ra khi giá trị lớn nhất của các chuyển vị cần đạt đến giới hạn dão của từng thành phần. Theo ý kiến của Công ty

LOADTEST Asia thì dão đáng kể cho cọc barrette này không bắt đầu cho đến khi chất tải đầu cọc khoảng 21,0 MN.

*e) Tải trọng đầu cọc tương đương*

Hình 2 trình bày các đường cong chuyển vị-tải trọng và chuyển vị-tải trọng đầu cọc tương đương. Đường cong mảnh mô tả Trình tự Phần I của Phụ lục C, đã được hình thành bằng cách dùng số liệu chuyển dịch lên của đỉnh hộp O-Cell và chuyển dịch xuống của đáy hộp O-Cell đo được. Đường cong này được kéo dài đến chuyển vị 66,3 mm bằng cách ngoại suy số liệu của đỉnh hộp O-Cell bằng cách dùng đường cong hyperbolic (Hình 2B, Phụ lục E). Do thường chứa một thành phần quan trọng của các chuyển vị, đường cong tải trọng đầu cọc tương đương đòi hỏi sự hiệu chỉnh đối với độ nén đàn hồi phụ thêm mà sẽ xảy ra trong một thí nghiệm thử tải đầu cọc. Đường cong đậm mô tả trong Trình tự Phần II của Phụ lục C đã bao gồm sự hiệu chỉnh này.

Bảng sau đây tổng hợp các chuyển vị thử tải đầu cọc tương đương và thành phần nén đàn hồi tại các tải trọng đầu cọc khác nhau.

| Tải trọng đầu cọc tương đương (MN) | Không có đường hyperbolic điều chỉnh | | Có đường hyperbolic điều chỉnh | |
|---|---|---|---|---|
| | Chuyển vị đầu cọc (mm) | Độ nén đàn hồi (mm) | Chuyển vị đầu cọc (mm) | Độ nén đàn hồi (mm) |
| 21,0 MN | 8,0 | 4,5 | 8,0 | 4,5 |
| 1,0×WL (23,5 MN) | 15,4 | 5,3 | 11,4 | 5,1 |
| 1,5×WL (35,3 MN) | 58,2 | 9,3 | 38,9 | 8,3 |

Lưu ý rằng, như đã trình bày ở trên, đường cong tải trọng đầu cọc tương đương áp dụng cho thời lượng gia tải 8 phút. Các ảnh hưởng dão sẽ làm giảm sức kháng tới hạn của cả hai thành phần và làm tăng chuyển vị đầu cọc barrette đối với chất tải đã cho trên một thời gian dài hơn. Người kỹ sư có thể tính toán các ảnh hưởng dão phụ thêm đó bằng cách ngoại suy đúng đắn các ảnh hưởng thời gian bằng cách dùng số liệu dão trình bày ở đây. Tuy nhiên kinh nghiệm của chúng tôi thấy rằng các hiệu chỉnh như vậy nhỏ và có thể bỏ qua đối với các tải trọng đầu cọc nhỏ hơn giới hạn dão.

*g) Độ mở O-Cell khác nhau*

Bốn LVWDT đo độ mở rộng của hộp O-Cell cho phép chúng ta đánh giá độ mở khác nhau của tổ hợp O-Cell (Bảng 4). Độ nghiêng lớn nhất $0{,}36^0$ đã tính được tương ứng với độ mở khác nhau 8,7 mm trên kích thước danh định 2800 × 1500 mm của đáy cọc barrette tại cấp tải lớn nhất 1L-13.

*h) Sự cần thiết phun vữa các hộp O-Cell*

Các cọc quy định thử tải (không dùng lại) không yêu cầu phun vữa. Tuy nhiên nếu cọc barrette đã thử sẽ được dùng lại trong kết cấu chịu tải (một "cọc làm việc"), nhà thầu cần lấp đầy lỗ trống trong cọc barrette hình thành do sự mở của các hộp O-Cell và do nứt ngang của cọc barrette. Cọc barrette bao gồm các đường ống cho phép lấp đầy các hộp O-Cell và lỗ trống bằng vữa. Nếu chưa phun vữa kiến nghị cần làm sớm nhất có thể được như đã trình bày trong Phụ lục H.

Đánh giá số liệu cho trong bản báo cáo này dựa trên thông tin (nghĩa là kích thước, cao trình và cường độ bê tông cọc barrette) do người khác cung cấp. Do đó người kỹ sư cần có kết luận riêng của mình có xem xét đến thông tin phân tích.

Chúng tôi tin rằng thông tin này phù hợp với yêu cầu của dự án của các ông. Nếu có yêu cầu gì xin gọi đến số điện thoại của chúng tôi 65 6377 5665.

Soạn thảo bởi Công ty LOADTEST Asia.

*Đã ký:* **KHOO HAN SEN**

Kỹ sư dự án, Công ty LOADTEST Asia.

**Kiểm tra**

*Đã ký:* **JON SINNREICH**

Công ty LOADTEST Asia.

*Đã ký:* **THOMAS MOLNIT**

Giám đốc Công ty LOADTEST Asia.

## BẢNG A

### Tổng hợp kích thước, cao trình và các đặc trưng của cọc barrette

**Barrette:**

| | |
|---|---|
| Kích thước danh định cọc barrette (EL -6,90m đến -45,60m) | = 2800×1500 mm. |
| O-Cell : 1039-14, 1004-17 | = 660 mm. |
| Chiều dài ma sát bên trên chỗ đứt tại đáy hộp O-Cell | = 35,00 m. |
| Chiều dài ma sát bên dưới chỗ đứt tại đáy hộp O-Cell | = 3,70 m. |
| Diện tích ma sát bên bên trên đáy hộp O-Cell | = 301,0 $m^2$. |
| Diện tích ma sát bên bên dưới đáy hộp O-Cell | = 31,80 $m^2$. |
| Diện tích đáy cọc barrette | = 4,2 $m^2$. |
| Trọng lượng đẩy nổi của cọc barrette bên trên đáy hộp O-Cell | = 2,07 MN. |
| Độ cứng tính toán cọc barrette,AE (EL -6,90 m đến -33,50 m) | = 112.500 MN. |
| Độ cứng tính toán cọc barrette,AE (EL -33,5 m đến -41,90 m) | = 110.900 MN. |
| Độ cứng tính toán cọc barrette,AE (EL -41,9 m đến -45,60 m) | = 110.900 MN. |
| Cao trình đỉnh bê tông cọc barrette | = -6,90 m. |
| Cao trình mặt đất | = -1,63 m. |
| Cao trình gần đúng mặt nước ngầm | = -2,70 m. |
| Cao trình đáy hộp O-Cell(chỗ đứt giữa chuyển vị lên và xuống) | = -41,90 m. |
| Cao trình mũi cọc barrette | = -45,60 m. |

**Các đoạn chịu nén:**

| | |
|---|---|
| Cao trình đỉnh thanh truyền dùng cho độ nén barrette phần trên | = -6,90 m. |
| Cao trình đáy thanh truyền dùng cho độ nén barrette phần trên | = -41,55 m. |

**Các số liệu khác:**

| | |
|---|---|
| Kích thước bản thép trên (dầy 50 mm) | = 2560×1260 mm. |
| Kích thước bản thép đáy (dầy 50 mm) | = 2560×1260 mm. |
| Kích thước cốt chủ | = T25. |
| Kích thước cốt đai | = T16. |
| Kích thước lồng thép | = 2650×1350 mm. |
| Cường độ bê tông chịu nén không hạn chế | = 37,7 MPa. |
| Bản đáy O-Cell TTs @ 0°,91°,180° và 271° có bán kính | = 875 mm. |

## MỤC LỤC


Trang

**Lời nói đầu** 3

**Mở đầu** 5

1. Tình hình nghiên cứu, ứng dụng trong và ngoài nước 5

2. Mục tiêu nghiên cứu 6

3. Phương pháp nghiên cứu 6

**Chương 1. Tổng quan về ứng dụng cọc khoan nhồi, cọc barrette và các phương pháp đánh giá sức chịu tải của cọc**

1.1. Phạm vi nghiên cứu 7

1.2. Tổng quan về tình hình ứng dụng, phát triển cọc khoan nhồi và cọc barrette ở Hà Nội 7

1.2.1. Một số công trình nghiên cứu, thi công thử nghiệm cọc khoan nhồi ở Hà Nội 7

1.2.2. Tình hình ứng dụng cọc khoan nhồi và cọc barrette trong xây dựng móng nhà cao tầng ở Hà Nội 8

1.3. Một số phương pháp đánh giá sức chịu tải của cọc khoan nhồi và cọc barrette 9

1.3.1. Nhóm tính toán lý thuyết 9

1.3.1.1. Tính toán sức chịu tải của cọc căn cứ vào các kết quả thí nghiệm trong phòng 10

1.3.1.2. Tính toán sức chịu tải của cọc dựa trên các kết quả thí nghiệm kết hợp các giá trị kinh nghiệm 10

1.3.1.3. Tính toán sức chịu tải của cọc dựa trên các kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh tại hiện trường 11

1.3.1.4. Tính toán sức chịu tải của cọc dựa trên các kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT 11

1.3.2. Phương pháp thử tải động 12

1.3.3. Phương pháp thử tải tĩnh động (Statnamic) 13

1.3.4. Phương pháp thử tải tĩnh truyền thống 13

1.3.5. Phương pháp thử tải trọng tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg 15

1.3.5.1.Tổng quát về phương pháp 15

1.3.5.2. Nguyên lý của thí nghiệm 15
1.3.5.3. Một số ưu điểm của phương pháp thí nghiệm bằng hộp tải trọng Osterberg 16
1.3.5.4. Một số hạn chế của phương pháp thí nghiệm bằng hộp tải trọng Osterberg 17
1.4. Kết luận 18

**Chương 2. Tổng quan về việc áp dụng phương pháp thử tải trọng tĩnh bằng HTT Osterberg**

2.1. Một số thí nghiệm tiêu biểu đã được thực hiện tại nước ngoài 19
2.1.1. Dự án tuyến đường sắt Hung Tung Lau. Hồng Kông 19
2.1.2. Thử tải Osterberg cho cọc đóng 20
2.1.3. Các thí nghiệm hiện trường kiểm chứng phương pháp Osterberg 20
2.1.3.1. Thí nghiệm ở cảng Orange, Florida 20
2.1.3.2. Thí nghiệm ở Osaka Nhật Bản 20
2.2. Một số thí nghiệm đã được thực hiện tại Việt Nam 21
2.2.1.Tại công trình cầu dây văng Mỹ Thuận. 21
2.2.2. Công trình toà nhà Vietcombank 21
2.2.3. Công trình nhà ở tiêu chuẩn cao và văn phòng 27 Láng Hạ 22
2.3. Triển vọng của việc áp dụng thử tải bằng HTT Osterberg cho các công trình ở Hà Nội 23

**Chương 3. Nguyên lý của phương pháp và vấn đề đánh giá sức chịu tải của cọc trong thí nghiệm thử tải trọng tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg**

3.1. Nguyên lý 24
3.2. Các giả thiết sử dụng trong phương pháp thử 25
3.3. Phương pháp luận giải thích kết quả thí nghiệm 27
3.4. Phương pháp xây dựng đường cong chuyển vị-tải trọng đầu cọc tương đương từ kết quả thí nghiệm O.Cell 29
3.5. Đánh giá độ chính xác của kết quả thử tải theo phương pháp Osterberg 35
3.5.1. So sánh với chất tải đầu cọc 35
3.5.2. So sánh với tính toán theo Cục Đường bộ Liên bang Mỹ (FHWA) 37
3.5.3. Đánh giá ảnh hưởng của công nghệ thi công 40
3.5.4. Đánh giá qua một số công trình đã tiến hành tại Việt Nam 41

3.6. Nhận xét 45

**Chương 4. Trình tự công nghệ thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg**

4.1.Tổng quát về thí nghiệm 46

4.1.1. Các thiết bị sử dụng trong thí nghiệm và một số yêu cầu kỹ thuật chính 46

4.1.1.1. Hộp tải trọng Osterberg 46

4.1.2.2. Các thiết bị khác 46

4.1.1.3.Tóm tắt các bước thực hiện 49

4.2. Trình tự công nghệ thử tải bằng HTT Osterberg 49

4.2.1.Chuẩn bị hộp kích và thiết bị đo đạc 49

4.2.1.1.Chuẩn bị hộp kích (O.Cell) 49

4.2.1.2.Các thiết bị, chi tiết phục vụ đo đạc 50

4.2.2.Thi công cọc thử 50

4.2.3. Lắp đặt hệ thống đo đạc và thu nhận số liệu 51

4.2.4. Gia tải 57

4.2.4.1. Phương pháp và tiêu chuẩn áp dụng 57

4.2.4.2.Cấp tải thí nghiệm 57

4.2.5. Công tác bơm vữa sau khi thử 58

4.2.5.1. Bơm vữa vào bên trong hộp Osterberg 58

4.2.5.2. Bơm vữa vào khoảng không gian bao quanh hộp Osterberg 58

4.2.6. Báo cáo thí nghiệm 59

4.2.7. Quản lý chất lượng quá trình thí nghiệm 59

4.3. Khả năng áp dụng phương pháp thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg cho các dự án xây dựng nhà cao tầng ở Hà Nội 60

4.3.1. Khả năng áp dụng phương pháp thử tải bằng HTT Osterberg cho các dự án cao tầng ở Hà Nội 60

4.3.2. Những vấn đề cần giải quyết tiếp 61

**Chương 5. Một số vấn đề khác**

5.1 Nghiên cứu ảnh hưởng của thiết bị đo tới kết quả thí nghiệm 62

5.1.1.Các thiết bị thí nghiệm cọc 62

5.1.2. Các ảnh hưởng đến kết quả số liệu đầu đo biến dạng 66

5.1.3. Kết luận 74

5.2. Lựa chọn vị trí đặt tổ hợp hộp tải trọng Osterberg 74

5.2.1. Nguyên tắc chọn 74
5.2.2. Các vị trí có thể bố trí các hộp tải trọng Osterberg 75
5.2.3. Một số kết quả tải trọng thí nghiệm lớn trên thế giới 76
5.3. Ứng dụng phương pháp hộp tải trọng Osterberg cho cọc đúc sẵn 76
5.3.1. Trình tự tiến hành 76
5.3.2. Ưu điểm 77
**Kết luận** 79
1. Đánh giá kết quả nghiên cứu của đề tài 79
2 Kiến nghị phương hướng nghiên cứu tiếp 79
**Tài liệu tham khảo** 80
**Phụ lục I**
Quy định thử tải trọng tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg cho các cọc khoan nhồi và cọc barrette trên địa bàn Hà Nội (Dự thảo) 81
**Phụ lục II**
Thí nghiệm Osterberg cho cọc barrette - Công trình khu nhà ở tiêu chuẩn cao kết hợp văn phòng 27 Láng Hạ, Đống Đa, Hà nội. 103

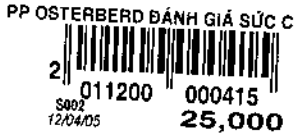
# PHƯƠNG PHÁP OSTERBERG ĐÁNH GIÁ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC KHOAN NHỒI - BARRETTE

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*
BÙI HỮU HẠNH

*Biên tập:* LƯƠNG XUÂN HỘI
*Chế bản:* ĐINH THỊ PHƯỢNG
*Sửa bản in:* LƯƠNG XUÂN HỘI
NGUYỄN HỮU ĐẨU
*Trình bày bìa:* Hs. NGUYỄN HỮU TÙNG

In 500 cuốn khổ 19 × 27cm tại Xưởng in Nhà Xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 1121/XB-QLXB-01, ngày 11-8-2004. In xong nộp lưu chiểu tháng 10/2004.

PP OSTERBERD ĐÁNH GIÁ SỨC C




6X6-6X2
XD- 2004
1211 - 2004

**Giá : 25.000$^{đ}$**